



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR
FACULTAD DE QUÍMICA

PROPUESTA DE UN CONJUNTO DE ACTIVIDADES DIDÁCTICAS PARA LA ENSEÑANZA DE LOS CONCEPTOS MODERNOS DE OXIDACIÓN Y REDUCCIÓN

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR
QUÍMICA

PRESENTA

MIGUEL ÁNGEL RODRÍGUEZ MEZA

Dirigida por
Dr. PLINIO JESÚS SOSA FERNANDEZ (FAC. QUÍMICA)

Comité tutor:
Dra. CLARA ROSA MARÍA ALVARADO ZAMORANO CCADET
Dra. OFELIA CONTRERAS GUTIÉRREZ FES IZTACALA

CIUDAD DE MÉXICO., JUNIO DE 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Ha sido un largo camino. No lo digo que fácil pero... tampoco así lo pensaba. Lo que importa es que fuera posible.

No recuerdo bien las motivaciones para escribir mi tesis, pero sean las que fueren, siempre tuvieron su origen en una singular afición por la docencia. Por el hecho docente. Y no es fácil explicar esta afición, ya que el espíritu docente está más próximo al área de los afectos que de los engramas de la inteligencia. Es una forma de vocación, a pesar de que me resisto a usar tal vocablo.

Los caminos de la vida me llevaron a ser docente y ejerzo mi profesión con aquel sentimiento de la euforia, que además de hacer lo que más me gusta, me gano la vida... En la universidad descubrí un mundo fascinante. Conocí todo tipo de gentes y me percaté que algunos, estaban recorriendo ya, en plenitud, aquel camino que yo solo conocía en nebulosa. El camino de la docencia en mayúscula. El camino de la docencia universitaria que enseña a los que van a enseñar. Entusiasmado, quise también iniciar su recorrido y con esta tesis espero situarme en la línea de salida.

No es fácil hacer una tesis. Es más, yo diría que es imposible sin que te orienten y ayuden. En mi caso el Dr. Plinio Sosa, además de orientarme, guiarme y recibir de él su profunda ciencia e inquietudes, me ha distinguido con su ayuda. Él ha sido mi director de tesis.

Dicen de Virgilio que toda su vida estuvo retocando, matizando y perfeccionando su Eneida. Que en ocasiones se perdía en divagaciones y que años más tarde hallaba otra vez la veta de su inspiración. Algo así me ocurría a mí, salvando las distancias, entre un simple maestro y el personaje de la Roma clásica. Pienso, no obstante, que Virgilio no tuvo la suerte de contar con un apoyo como el de la Dra. Clara Alvarado que le estimulara, ilustrara, animara, corrigiera y en fin dirigiera, con mano firme pero indulgente, su obra. Yo, por mi carácter, puedo asegurar que sin su impulso jamás hubiera hecho esta tesis, que es mi propia y estimada Eneida, la de las mil correcciones. Mi primero y más profundo agradecimiento para ella.

Después he de dar las gracias, sinceras, a todos los miembros de mi comité tutorial que con su ciencia y experiencia han hecho posible mejorar este trabajo de tesis. A la Dra. Ofelia Contreras, Mtra. Gisela Hernández y Dra. Yolanda Vargas, quienes me han ayudado y he recibido su consejo y cooperación, la he recibido. Gracias, pues por todas sus palabras de ánimo

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) que a través de los profesores quienes desde sus conocimientos y experiencias acompañaron asertivamente este proceso de profesionalización docente, mediante el programa de la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior.

Al Instituto de Educación Media Superior del Distrito Federal que abrió sus puertas y brindó la confianza para aplicar intervenciones pedagógicas con el propósito de analizar los cambios en aras del mejoramiento en los procesos educativos que se están desarrollando. A los estudiantes de química que siempre estuvieron dispuestos a colaborar en las actividades propuestas. El tema de la tesis es espinoso, algo controvertido, arriesgado. Sin embargo, acepto tal riesgo y acepto de antemano, todas las críticas y reflexiones que puedan enriquecer este trabajo.

DEDICATORIAS

Dedico con mucho amor e infinita gratitud el presente trabajo de investigación a todos y cada uno de los miembros de mi familia, los cercanos y los que están a la distancia; a todos los que me han acompañado incondicionalmente durante este largo y productivo proceso que ha significado profesionalizarme.

Particularmente, a mi pequeña *Michelle Ameyalli*, que con su amor y esfuerzo constante se ha convertido en paradigma para mi vida. A *Sonia*, que con su compañía nos da ánimo, para no desfallecer. A mis sobrin@s, alicientes permanentes para nuestra continúa búsqueda de la profesionalización.

A todos ellos *infinitas gracias*

INDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
JUSTIFICACIÓN	6
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	8
OBJETIVOS	9
<i>Objetivo general</i>	9
<i>Objetivos específicos</i>	9
ORGANIZACIÓN DE LA TESIS	10
CAPITULO 1. MARCO TEÓRICO	
1.1. COMPONENTE CURRICULAR	14
1.1.1. El contexto de la construcción del Proyecto Educativo del Sistema de Bachillerato	14
1.1.2. Presentación del tema en el programa de Química II del Instituto de Educación Media Superior	15
1.1.3. Estructura general de los planes y programas de estudio de Química II en el Instituto de Educación Media Superior	17
1.2 COMPONENTE PEDAGÓGICO	
1.2.1. El aprendizaje escolar y la concepción constructivista	19
1.2.2. El aprendizaje significativo	21
1.2.3. El conocimiento didáctico del contenido (CDC)	23
1.2.3.1. El Conocimiento Didáctico del Contenido en química	25
1.2.4. El papel del profesor	26
1.2.5. Las secuencias de enseñanza–aprendizaje	27
1.2.5.1. Aprendizaje de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales	28
1.2.6. Las estrategias de enseñanza y aprendizaje	30
1.2.6.1. La importancia de la argumentación en el aprendizaje de las ciencias	31
1.2.6.2. La modelización en el campo de las ciencias	33
1.2.6.3. El trabajo colaborativo	35
1.2.6.4. Los trabajos prácticos	36
1.2.7. Enseñanza de las ciencias: Química	38
1.2.8. Modelo de enseñanza por investigación orientada	41
1.3 COMPONENTE DISCIPLINAR	
1.3.1. Importancia del tema de oxidación y reducción	45
1.3.2. Un acercamiento al desarrollo histórico de los conceptos de oxidación y reducción	49
1.3.3. El tema oxidación y reducción en algunos textos de química básica	51
1.3.4. Problemas específicos relacionados con la enseñanza y el aprendizaje de la oxidación y reducción	54
1.3.4.1. Concepciones alternativas con respecto a oxidación y reducción.	56
1.3.5. La enseñanza de la Química y los tres niveles de representación	61
1.3.5.1 Los modelos de oxidación y reducción	63
1.3.5.2 Modelos rédox y su intervalo de validez	64

CAPÍTULO 2. LA PROPUESTA DIDÁCTICA

2.1. Justificación de la propuesta alternativa	68
2.2. Desarrollo y características de la propuesta alternativa	69
2.3. El programa de actividades como modelo de intervención didáctica	71
2.3.1. Características generales del programa de actividades.	71
2.3.2. Diseño del programa de actividades para las reacciones redox	74
2.3.3. Estrategia que seguiremos para avanzar en la solución del problema estructurante	80

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1. Descripción general del diseño	83
3.2. Diseños experimentales centrados en la enseñanza impartida con la propuesta alternativa	86
3.2.1. Presentación del programa de actividades de oxidación y reducción	86
3.2.2 Muestra	88
3.3 Aplicación	88
3.4 El diseño de la investigación	91
3.5 La instrumentación	93
3.5.1 Validación y fiabilidad	93
3.5.2 Evaluación de logros del tema Oxidación y Reducción	95
3.5.3 Modelo instruccional– programa guía	96
3.5.4 Cuestionarios de los estudiantes	99
3.5.5 Entrevistas	101
3.5.5.1 Entrevista sobre las percepciones de los estudiantes del programa guía	101
3.5.5.2 Opinión de los estudiantes sobre las bebidas embotelladas como fuentes adicionales de exposición a flúor	102
3.6 Análisis de datos	102
3.7 Diseño para contrastar las actitudes	103

CAPÍTULO 4. ANALISIS y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

<i>Primera parte</i>	106
4.1 Prueba de logros de las reacciones de oxidación y reducción	106
4.2 Las concepciones alternativas con relación a las reacciones de oxidación y reducción	107
4.2.1 La evaluación inicial	107
4.2.2 El rendimiento de los alumnos basado en los tres temas principales en la fase inicial	109
4.2.2.1 Las reacciones de oxidación y reducción en la vida cotidiana	110
4.2.2.2 Intercambio de electrones	115
4.2.2.3 Las reacciones químicas, caso particular: la óxido–reducción	120
4.3 La eficacia relativa del tratamiento	123
4.3.1 El efecto de la intervención didáctica	123
4.4 Discusión de un artículo científico: la fluoración	132
4.4.1 La comprensión de la fluoración por parte de los estudiantes.	137
4.5 La experiencia práctica para la comprensión de la oxidación y la reducción	140
4.6 La evaluación final	147
4.6.1 Recopilación de la información en la etapa posterior a la prueba	147
4.6.2 El rendimiento de los alumnos basado en los tres temas principales en la etapa final	150
4.6.2.1 Reacciones de la vida cotidiana	152
4.6.2.2 Intercambio de electrones	156
4.6.2.3 Reacciones químicas, caso particular oxidación y reducción	159

4.7 Las percepciones de los estudiantes sobre la enseñanza de las reacciones rédox	163
4.8. Resultados que muestran que la nueva propuesta contribuye a generar actitudes positivas de los alumnos hacia el aprendizaje del concepto de oxidación y reducción	168

Segunda parte

4.9 Modelos de oxidación y reducción seleccionados por los estudiantes	172
4.9.1 Concepto de oxidación y reducción	172
4.9.2 ¿Cómo balancean los estudiantes reacciones rédox?	173
4.9.3 ¿Qué modelo de oxidación y reducción prefieren los estudiantes?	174
4.10 Modelo de transferencia de electrones	175
4.10.1 Representación electrónica	175
4.10.2 Las semirreacciones	177
4.11 Modelo del número de oxidación	179
4.11.1 El número de oxidación	180
4.11.2 ¿Qué valores tiene el número de oxidación?	181
4.11.3 Balanceo de ecuaciones químicas– método del número de oxidación	182
4.12 Resumen y discusión de los resultados	185

CONCLUSIONES	191
---------------------	-----

RECOMENDACIONES	194
------------------------	-----

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	196
-----------------------------------	-----

ANEXOS

Anexo 1: Programa–guía de actividades	204
Anexo 2: Artículo de discusión	237
Anexo 3: Actividades de lápiz y papel	239
Anexo 4: Experimentos PARTE A–Profesor	244
Anexo 5: Experimentos PARTE B– Alumno	248
Anexo 6: Evaluando los conocimientos	250
Anexo 7. La percepción de los estudiantes sobre el tema de reacción de oxidación y reducción	252
Anexo 8. Cuestionario de para conocer la percepción de los estudiantes en relación al trabajo experimental	253
Anexo 9. Cuestionario para medir la actitud de los alumnos del grupo experimental hacia el aprendizaje del concepto de oxidación y reducción con la nueva propuesta	255
Anexo 10. Evaluación final- parte 2	256

INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Programa para la asignatura de Química II (corresponde al cuarto semestre)	18
Tabla 2. Contenidos de la carta descriptiva del programa para la asignatura de Química II	18
Tabla 3. Textos de Química básica analizados	51
Tabla 4. Los modelos de oxidación y reducción de acuerdo a Ringnes (1995)	55
Tabla 5. Concepciones alternativas sobre oxidación y reducción	61
Tabla 6. Definiciones de la IUPAC para las reacciones de oxidación y reducción.	63
Tabla 7. Procedimientos generales planteados para la enseñanza rédox	74
Tabla 8. Instrumentos para probar las dos consecuencias contrastables de la hipótesis de trabajo	
Tabla 9. Frecuencia de los estudiantes implicados en cada uno de los grupos en los grupos de estudio	107
Tabla 10. Puntajes obtenidos por los estudiantes en la prueba de logros de la evaluación inicial	108
Tabla 11: Resultados a la prueba de los alumnos sobre intercambio de electrones	115
Tabla 12: Percepción por los estudiantes del uso de un programa guía, mediante investigación orientada	124
Tabla 13: Percepción de los estudiantes respecto al experimento y el cuestionario	145
Tabla 14: Comprensión de las reacciones químicas en la etapa inicial y final	148
Tabla 15. Comprensión de las interacciones químicas, etapa final	148
Tabla 16. Comparación de las puntuaciones de los estudiantes en la etapa posterior a la instrucción recibida	149
Tabla 17: Análisis del apartado de intercambio iónico en la etapa posterior a la prueba	157
Tabla 18: La percepción que tienen los estudiantes sobre la enseñanza de las reacciones de oxidación y reducción	163
Tabla 19. Resultados del cuestionario respecto a las actitudes de los alumnos	169
Tabla 20. Tabla de frecuencia de elección de los estudiantes del método en cuestión	175
Tabla 21. Tabla de frecuencias de las explicaciones a la pregunta 6	182
Tabla 22. Categorías de respuesta para la pregunta 7	183

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Modelo constructivista (Jiménez Aleixandre, 2000)	20
Figura 2. El aprendizaje significativo	22
Figura 3. Ejemplo de estrategias de enseñanza y aprendizaje (Alvarado, 2012)	30
Figura 4. La argumentación y su relación con la enseñanza y aprendizaje de las ciencias.	33
Figura 5. Modelo para el proceso de construcción de modelos (Justi y Gilbert, 2002; citado en Justi, 2006)	35
Figura 6. Modelos de <i>Oxidación-Reducción</i> y otras representaciones utilizados para explicar las reacciones redox en los libros de texto dentro de las distintas áreas temáticas, así como una estimación de la cantidad de su uso.	52
Figura 7. Niveles de representación en Química según Johnstone (1982).	62
Figura 8. Relación entre los modelos de oxidación y reducción	64
Figura 9. Planificación de la estructura del tema “oxidación-reducción”	77
Figura 10. Programa guía de actividades para la enseñanza del concepto moderno de oxidación y reducción	79
Figura 11. Porcentajes de respuestas correctas a cada elemento de la prueba de logros en la evaluación inicial	110
Figura 12. Porcentajes de respuestas correctas a cada elemento de la prueba de logros en la evaluación inicial (<i>reacciones químicas de la vida cotidiana</i>)	112
Figura 13. Porcentajes de respuestas correctas a cada elemento de la prueba de logros en la evaluación inicial (<i>transferencia de electrones</i>)	117
Figura 14. Porcentajes de respuestas correctas a cada elemento de la prueba de logros en la evaluación inicial (<i>identificación de reacción redox</i>).	121
Figura 15. Porcentajes de respuestas correctas a cada elemento de la prueba de logros en la evaluación final	151
Figura 16. Porcentajes de respuestas correctas a cada elemento de la prueba de logros en la evaluación final (<i>reacciones químicas de la vida cotidiana</i>)	152
Figura 17. Porcentajes de respuestas correctas a cada elemento de la prueba de logros en la evaluación final (<i>transferencia de electrones</i>).	157
Figura 18. Porcentajes de respuestas correctas a cada elemento de la prueba de logros en la evaluación final (<i>identificación de reacciones redox</i>)	159
Figura 19. Porcentaje de distribución entre las diferentes categorías de respuesta para la P1.	173
Figura 20. Distribución porcentual entre las diferentes categorías de respuestas para la P2.	174
Figura 21. Distribución porcentual de las diversas categorías de respuesta a la P3.	177
Figura 22. Distribución porcentual de las categorías de respuesta en la P4 (a).	178
Figura 23. Distribución porcentual de las categorías de respuesta a la P4 (b).	179
Figura 24. Distribución porcentual de las diferentes categorías de respuesta a la P5.	181
Figura 25. Distribución porcentual de las diferentes categorías de respuesta a la P6.	182
Figura 26. Distribución de frecuencias de las explicaciones a la P7.	185

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA
EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR EN EL AREA DE LA QUÍMICA

Propuesta de un Conjunto de Actividades Didácticas para la Enseñanza de los Conceptos Modernos de Oxidación y Reducción

RESUMEN

El aprendizaje de las reacciones de oxidación y reducción, debido a su complejidad, ha sido objeto de diversas investigaciones en didáctica de las ciencias. Las reacciones de oxidación y reducción (rédox) es un tema que posee una elevada jerarquía conceptual, es decir que necesita para su comprensión del conocimiento de otros aspectos previos como: reacción química, enlace químico, estequiometría, el entendimiento de las reacciones de ácidos y bases, etc. Por ello, su enseñanza es un momento propicio para integrar o aplicar conceptos de temas anteriores y realizar un diagnóstico de las dificultades que perduran, con el fin de superarlas con propuestas adecuadas que faciliten el aprendizaje de este tema de por sí complejo. Para ello, se desarrolló el tema de oxidación y reducción tanto en un grupo control (bajo la forma de enseñanza tradicional) como en un grupo experimental (donde se utilizó como ayuda la investigación orientada diseñada para tal fin), evaluando en ambos grupos los mismos instrumentos diseñados (para conocimientos previos y prueba final).

Como resultado, al hacer un promedio ponderado, la estrategia didáctica contribuyó a mejorar el entendimiento de los estudiantes, ya que mientras que solamente un 17.74% de los estudiantes (en el grupo control) respondieron acertadamente, en el grupo experimental (con la aplicación del programa guía) un 42.17% de los estudiantes acertaron en las respuestas, es decir que se presenta una diferencia de 24.43% con la ayuda de la investigación orientada diseñada en este proyecto de investigación, lo cual equivale a decir que por cada cuatro estudiantes que respondieron adecuadamente en el grupo experimental menos de dos lo hicieron en el grupo control.

Para los estudiantes, una vez aplicada la estrategia didáctica, la mayor dificultad radicó en el establecimiento de las semirreacciones, así como otros subtemas en donde presentaban confusiones desde sus conceptos previos, como en el caso del número de oxidación y por deficiencias de tipo matemático, que acrecientan las dificultades teniendo en cuenta que este es un tema de progresiva complejidad. En todo caso, los estudiantes consideran que la forma en que está presentada y desarrollada la estrategia didáctica les facilita el aprendizaje del tema, principalmente para la identificación de las reacciones rédox y algunos aspectos de los niveles representacionales de las reacciones químicas, a pesar de que siguen pensando que este es un tema difícil de comprender, sugieren que se diseñen estrategias didácticas similares para otros temas y otras asignaturas relacionadas.

ABSTRACT

Learning the oxidation and reduction reactions, due to its complexity, it has been the subject of several investigations in science education. The reactions of oxidation and reduction (redox) is a subject that has a high conceptual hierarchy, i.e. you need for your understanding of knowledge from previous aspects such as chemical reaction, chemical bonding, stoichiometry, understanding the reactions of acids and bases, etc. Therefore, teaching is an environment conducive to integrate or apply concepts from previous issues and make a diagnosis of the difficulties that persist, in order to overcome them with appropriate proposals to facilitate learning of this topic already complex time. To do this, the issue of oxidation and reduction took place both in a control group (in the form of traditional teaching) and an experimental group (where oriented research designed for this purpose was used as an aid), evaluated in both groups the same instruments designed (for background and final test).

As a result, by making a weighted average, the didactic strategy helped improve the understanding of the students, because while only 17.74% of students (in the control group) responded correctly, in the experimental group (with the application of program guide) a 42.17% of students matched in responses, i.e. presented a difference of 24.43% with the help of oriented research designed in this research project, which is to say that for every four students who responded suitably in the experimental group less than two they did in the control group.

For students, once applied the teaching strategy, the greatest difficulty lay in the establishment of the half reactions, as well as other subtopics where had confusion from their previous concepts, as in the case of oxidation number and deficiencies of mathematical type, which increase the difficulties considering that this is an issue of increasing complexity. In any case, students consider the way it is presented and developed the teaching strategy facilitates the learning of the subject, mainly for the identification of redox reactions and some aspects of the representational levels of chemical reactions, even though still they think that this is a difficult subject to understand, suggest that similar teaching strategies for other issues and other related subjects designed.

Introducción

INTRODUCCIÓN

Esta investigación representa la versión escrita del trabajo de tesis de maestría “*Conjunto de actividades para la enseñanza y aprendizaje del concepto moderno de oxidación y reducción*”. La investigación que se realiza constituye un acercamiento a la didáctica de la química, se genera como un intento, por estudiar los problemas relativos al proceso de enseñanza y aprendizaje de las reacciones químicas, en particular de la oxidación y reducción (*rédox*) para los estudiantes de Educación Media Superior.

La investigación tiene como propósito analizar y validar una estrategia didáctica vinculada con el modelo de investigación orientada para el aprendizaje de los conceptos básicos del tema de oxidación y reducción y que se convierta en una herramienta que oriente el trabajo del profesor. Para lograr tal fin nos hemos planteado como objetivos particulares: conocer el tipo de dificultades que tienen los estudiantes antes y después de trabajar con la estrategia didáctica, comparar estas dificultades con las que tiene un estudiante con la enseñanza tradicional y conocer la influencia del programa guía de resolución de problemas en el aprendizaje.

El conocimiento de tales dificultades, no es un fin en sí mismo. Estamos interesados en el planteamiento de situaciones reales como estrategia didáctica en la enseñanza de la química en general, aunque nuestro estudio se centra en el tema de las reacciones de oxidación y reducción para el segundo curso de Química del nivel medio superior.

Es necesario, por tanto, caracterizar y subsanar las dificultades que puedan obstaculizar el proceso de aprender el concepto de oxidación y reducción con base en la investigación orientada. Sin embargo, en el nivel medio superior es donde se ha identificado una problemática compleja en la cual, uno de los problemas notables tiene que ver con la divergencia entre la meta deseada y los resultados esperados. La identificación de algunos de los factores que intervienen en este hecho puede contribuir en lograr un acercamiento entre resultados y metas educativos, así como al aprendizaje significativo de la química y en particular de este concepto. Aunque el problema es susceptible de ser observado en diferentes niveles educativos, estamos interesados en enfocar nuestro estudio al curso de Química del nivel medio superior.

Otro aspecto es que los estudiantes que cursan la asignatura de Química muestran una deserción escolar elevada de los estudiantes que ingresan. Esta deserción generalmente se ha producido en el tercer semestre y muy probablemente, la causa de esta deserción, guarda relación con los elevados índices de reprobación que en cada periodo escolar se obtienen en los cursos del área de ciencias. Los cursos de química que se imparten en el nivel medio superior, son obligatorios y pertenecen a un tronco común. La observación de hechos como los que aquí mencionamos justifica la realización de este trabajo.

Consideramos que una parte del problema que nos ocupa puede atribuirse a los métodos de enseñanza que regularmente se han seguido. En términos generales, la enseñanza de la química ha consistido en seguir procedimientos rutinarios dentro del salón de clase. El procedimiento generalmente adoptado consiste en iniciar con una breve explicación de los conceptos involucrados en el tema a presentar. A continuación, la actividad en el aula se centra en realizar algunos ejercicios que el profesor selecciona. Finalmente, el profesor encarga como trabajo extraescolar resolver ejercicios parecidos a los que se han resuelto en clase.

Debido a la complejidad del problema de enseñar química, no es difícil imaginar que la mera selección y puesta en práctica de una estrategia didáctica cualquiera, resulta insuficiente. Existen muchos aspectos que pueden incidir en los resultados que pueden observarse al final de un curso. Por ejemplo, la mera estrategia de resolver problemas para aprender química sería infructuosa sin una formación sólida en química. Esta es una de las condiciones más relevantes. Parece una obviedad decirlo, pero merece la pena insistir en que, para enseñar algo, es necesario tener conocimientos y experiencias amplias en el tema a enseñar.

Nos parece importante disponer de un método de enseñanza de la Química que incluya la investigación orientada como método de enseñanza y que se pueda implementar con un grupo de estudiantes. Con base en esta apreciación, decidimos concretar nuestro trabajo en la enseñanza y el aprendizaje de los conceptos de oxidación y reducción a través de la investigación orientada. En consecuencia, uno de los retos que enfrentamos era el de hacer emerger, en los estudiantes, las dificultades que tienen antes y después de trabajar con un conjunto de actividades, conocer la influencia de los ejemplos y contra ejemplos en el aprendizaje.

La consideración de la problemática descrita hasta aquí, da pautas para hacer investigación en la línea de investigación orientada como estrategia didáctica. Con este fin y como un primer acercamiento al conocimiento de tal problemática, iniciamos nuestra investigación en el contexto del Instituto de Educación Media Superior (IEMS), en la Ciudad de México.

Por tanto, los resultados de esta investigación surgen del análisis de las respuestas que dieron estudiantes del segundo ciclo que tomaban el curso de Química II. Nuestro objeto de estudio está delimitado por el objetivo general que nos planteamos:

Diseñar, analizar y validar un conjunto de actividades vinculada con el curso de Química II para el aprendizaje de los conceptos básicos del tema oxidación y reducción de manera que se convierta en una herramienta que oriente el trabajo del profesor.

La investigación que se presenta en este trabajo explora situaciones relativas a nuestro objetivo general, tomando como base la utilización de la investigación orientada, un método de ayuda para los estudiantes en la resolución de problemas durante el curso de química, los cuestionarios de problemas de inicio y fin de la estrategia didáctica y la forma de participación de los estudiantes.

Planteamiento del problema

La investigación que se va a desarrollar se genera como un intento por estudiar los problemas relativos al proceso de enseñanza–aprendizaje de los estudiantes del nivel medio superior. El problema de investigación toma como punto de referencia tanto la propia experiencia educativa, en la que se han observado dificultades en la comprensión de los conceptos químicos, de manera especial los relativos al concepto de *oxidación y reducción*.

El problema de investigación surge del interés, por mejorar la enseñanza y el aprendizaje de los contenidos químicos que se imparten a los estudiantes del bachillerato. La insuficiente preparación de los estudiantes en secundaria ha sido considerada siempre como la causa principal de los problemas relativos al aprendizaje; sin embargo, cada día cobra mayor importancia la necesidad de lograr un tipo de enseñanza que tenga presente, ante todo, la construcción activa del conocimiento científico por parte de los estudiantes, no sólo en la educación básica sino también en los estudios de nivel medio superior.

El núcleo teórico de la química se halla en estrecha relación con conceptos, expresiones y modelos químicos, que implican la necesidad de una comprensión real y significativa de la química. Este es, precisamente, el desafío más importante de la enseñanza de la química, cuyo enfoque formalista actual conduce a que los conocimientos adquiridos en clase, no lleguen a ser de utilidad para los estudiantes. Se observan dos características en el proceso de enseñanza que se desarrollan actualmente:

- i El bajo nivel de comprensión del conocimiento químico y
- ii El escaso nivel de su aplicación en el ámbito de la actividad cotidiana.

La enseñanza actual se contrapone con las propias raíces, tanto epistemológicas como psicológicas del conocimiento, que se manifiestan en las necesidades de su aplicación práctica a otras ciencias. Afrontar el desafío impone un cambio profundo en el sistema de enseñanza de los conceptos de la química, cuyo proceso de aprendizaje actual se desarrolla principalmente a través de las exposiciones por parte del profesor y la lectura, comprensión e interpretación de la bibliografía por parte del alumno. Un referente importante para este cambio es la estrategia de enseñanza y aprendizaje por investigación orientada.

Consciente de que esta línea de investigación resulta ser muy genérica y difícil de abordar, en virtud de las diferentes y muy complejas variables que intervienen, decidimos comenzar nuestro estudio por el análisis del proceso de aprendizaje de un concepto, el de *oxidación y reducción*, que se imparte en el curso de Química II. Las razones para esta elección son:

- La asignatura de Química II constituye un primer paso en el estudio de las reacciones de transferencia de electrones, que forma parte del acervo teórico, metodológico e instrumental necesario para expresar y comunicar la teoría electroquímica, conocer de manera científica los procesos naturales, analizarlos e investigarlos.
- El concepto de oxidación y reducción es medular para el análisis de las reacciones de transferencia de electrones; su comprensión propicia el desarrollo de habilidades de abstracción, de expresión e interpretación de problemas en ciencia.
- De la experiencia docente, se han observado dificultades en la comprensión de los conceptos químicos, de manera especial los relativos a reacciones rédox y la identificación de las sustancias oxidantes y reductoras involucradas en una reacción de transferencia de electrones.
- El análisis del proceso de aprendizaje debe proporcionar un acercamiento paulatino al diagnóstico de las dificultades de los estudiantes en la comprensión del concepto de oxidación y reducción. Surge así, un primer interrogante: *¿Cuáles son las dificultades de los estudiantes de química en el aprendizaje del concepto de oxidación y reducción?*

En la bibliografía existen muchos antecedentes en el estudio de las dificultades en relación con este concepto, como se muestran en los trabajos, entre otros de De Jong (1995), sobre las principales dificultades y obstáculos que se evidencian en el campo de la electroquímica, sobre las intuiciones y concepciones alternativas de los estudiantes, y de Guershon (1996), sobre las dificultades en el manejo de conceptos abstractos y la comprensión de los principales conceptos y definiciones.

La interrogante sobre las dificultades en el aprendizaje del concepto de oxidación y reducción se constituye en un problema inicial de investigación, cuyos objetivos son:

- 1) Averiguar que conocimientos pueden causar dificultades en el proceso de aprendizaje del concepto de oxidación y de reducción.

- 2) Realizar un análisis sobre la comprensión del concepto de óxido–reducción, así como identificar las dificultades que se manifiestan con posterioridad al curso.

Se ha evidenciado que para la enseñanza–aprendizaje, en el tema de oxidación y reducción, los estudiantes deben desarrollar conceptos como: identificación de una reacción de oxidación y reducción, concepto de sustancia oxidante y reductor y saberlo interpretar en términos de ganancia o pérdida de electrones, que este tipo de reacciones son procesos complementarios, no puede haber oxidación sin que se produzca una reducción, asociar la variación del número de oxidación con las sustancias que se oxidan o se reducen en un proceso rédox.

Con la implementación de la estrategia propuesta en este trabajo, se pretende abarcar los vacíos conceptuales de los estudiantes para lograr un buen desempeño en el tema de oxidación y reducción.

Justificación

Este trabajo parte de reconocer una preocupación por los resultados de la enseñanza que se imparte en el tema de *oxidación* y de *reducción*. A pesar de los esfuerzos y del tiempo que se invierten en este tema de la química, los resultados que se obtienen son poco satisfactorios, como lo demuestra el alto índice de fracaso escolar que se produce, que generalmente es bastante mayor al de otros temas básicos como podría ser el de equilibrio químico.

Frente a este panorama se han intentado diversas alternativas, unas, la mayoría, consistentes en dedicar más tiempo y esfuerzos en el ámbito de las reacciones de *oxidación* y *reducción*, basadas en la idea intuitiva de que este tema es especialmente difícil a nivel conceptual; otras, los menos, en apreciaciones didácticas teóricamente fundamentadas.

Por otro lado, las investigaciones, en el ámbito de las reacciones de *oxidación* y *reducción*, sobre concepciones alternativas, son, a nuestro juicio, no sólo muy escasas, y más si lo comparamos con la abundante bibliografía en el campo de equilibrio químico (Moncaleano, 2003), o incluso dentro de la electricidad en lo referente al campo de la corriente continua (Pinto,

1996, Manríquez, Varela y Favieres 1989), sino que además, la mayoría de los estudios realizados se centran casi exclusivamente en diferentes aspectos particulares de la teoría electroquímica, sin contar con estudios globales.

A pesar de todo, creemos que hay que resaltar la falta de trabajos de investigación que consideren como problema, la enseñanza–aprendizaje (de una manera holística) de un núcleo teórico elemental (Lucas, 1990), donde se desarrollen y relacionen los conceptos básicos de la *oxidación y reducción* como: la identificación correcta de sus estados de oxidación y la transferencia de electrones, el conocimiento de sobre qué actúa dicho cambio químico, la distinción clara entre la valencia y el número de oxidación, el carácter relativista del agente oxidante y reductor, la relación cuantitativa entre el número de oxidación y el balanceo químico y su fuente...

Además, consideramos necesario que cuando los conceptos investigados son prerrequisitos básicos, para analizar un gran conjunto de fenómenos químicos, no es suficiente con conocer los conceptos, sino que es necesario integrarlos en la estructura cognitiva para aplicarlos a otros campos que no son el propio donde se ha estudiado.

En todo caso, y ésta es quizá la justificación más importante, las dificultades puestas de manifiesto por las investigaciones mencionadas, están sirviendo para mostrar la necesidad de sustituir una enseñanza transmisiva de los conceptos básicos de la *oxidación y reducción*, muy poco eficaz, por una nueva enseñanza de orientación constructivista. Por lo tanto, la justificación del presente trabajo es contribuir a la mejora de la enseñanza y el aprendizaje del tema de *oxidación y reducción* en el segundo curso de Química de la Educación Media Superior, considerando aquél como un núcleo básico dentro del área de las reacciones químicas.

Así pues, nos planteamos analizar el proceso de enseñanza–aprendizaje para caracterizar las causas de esta situación. Ello implica analizar los dos aspectos del proceso: por un lado, las dificultades conceptuales o procedimentales que presenta el tema de reacciones de *oxidación y reducción*, y por otro, cómo se enseña o cómo se consigue que el alumno aprenda. Este diagnóstico debe permitirnos elaborar una propuesta alternativa cuya puesta en práctica mejore significativamente los resultados de partida.

Preguntas de investigación

De acuerdo con la problemática descrita, las interrogantes que nos planteamos son los siguientes:

1. ¿Cuáles son las principales dificultades que tienen los estudiantes a la hora de comprender los conceptos y procedimientos básicos relativos a la *oxidación y reducción*?
2. La enseñanza habitual de las reacciones de *oxidación y reducción*, ¿da lugar a un aprendizaje comprensivo, o bien posee deficiencias que hacen previsible un escaso aprendizaje?
3. ¿Es posible diseñar una estrategia de enseñanza, basada en un modelo por investigación orientada que proporcione una mejora significativa en el aprendizaje de los conceptos, de los procedimientos y de las actitudes hacia la asignatura?

La investigación didáctica ha aportado soluciones para otros temas de Química y asignaturas en otras áreas de docencia. Sin embargo, en el tema de reacciones de *oxidación y reducción* son pocas las investigaciones realizadas en este campo, siendo ésta una de las razones por las cuales existe un vacío en la formación y entrenamiento en los problemas de oxidación y reducción.

Tratando de determinar el origen de las dificultades que tienen los estudiantes en el tema de reacciones de *oxidación y reducción*, nos planteamos a título de hipótesis que dicha dificultad podría estar centrada en los procedimientos de enseñanza, más que en los conceptos o la teoría que la sustentan. Creemos que no se trata tanto de una deficiencia en el conocimiento declarativo, en el “*saber*”, sino más bien en el “*saber hacer*”. El alumno afirma comprender la teoría que sustenta la reacción química, pero a la hora de resolver problemas de balanceo químico e identificación de reacciones de *oxidación y reducción* (rédox) parece tropezar con dificultades procedimentales y de razonamiento en la resolución del problema planteado.

Nos planteamos a título de hipótesis la posibilidad de que el tratamiento a este problema pudiera consistir en analizar mejor el proceso de resolución de los problemas de reacciones

rédox, tratando de encontrar un *conocimiento procedimental* que podamos enseñar al alumno, de manera que le permita abordar con éxito la resolución de estos problemas.

Objetivos

Una vez hecho el planteamiento general del problema, abordaremos a continuación, los objetivos que, se pretenden alcanzar y que solucionarían el problema que hemos planteado en este capítulo.

Objetivo general

Diseñar e implementar una estrategia didáctica alternativa para la enseñanza del concepto moderno de *oxidación y reducción*, que propicie el aumento significativo de logros en el aprendizaje en los alumnos.

Objetivo específico

- 1) Indagar, a nivel de enseñanza-aprendizaje, en las causas de que sean tan pobremente comprendidos los conceptos de "oxidación" y "reducción";
- 2) Proponer una alternativa didáctica que favorezca el aprendizaje significativo de estos conceptos.
- 3) Comprobar que el programa guía de actividades es una estrategia que utilizada en el contexto de la investigación orientada permite contrarrestar las dificultades de aprendizaje del concepto de *oxidación y reducción*.

Hipótesis de investigación

La hipótesis general, que constituye la propuesta alternativa, sostiene que es posible diseñar una enseñanza que sea coherente con los resultados de la investigación didáctica y que proporcione una mejora significativa en el aprendizaje de los conceptos, de los procedimientos y de las actitudes de los alumnos en relación a las reacciones de *oxidación y reducción*.

HIPÓTESIS:

Es posible diseñar y desarrollar una enseñanza coherente con los resultados de la investigación didáctica, basado en un modelo de orientación constructivista, que proporcione una mejora significativa respecto a la enseñanza habitual en el aprendizaje de los conocimientos conceptuales y procedimentales implicados en el tema de oxidación y reducción, y que consiga mejorar asimismo el interés y las actitudes de los estudiantes respecto a la docencia de la asignatura.

En los siguientes apartados se expone cómo se ha diseñado y desarrollado la propuesta alternativa, mostrando sus características básicas y el programa de actividades desarrollado como recurso didáctico para el tema de oxidación y reducción, tratando a continuación los diseños experimentales para la validación de la hipótesis.

Organización de la tesis

Planteados los interrogantes, los diversos aspectos y las tendencias actuales que se observan en la innovación y mejora del proceso de enseñanza/aprendizaje que orientarán el trabajo de investigación, distinguiremos seis partes diferenciadas para concretar, profundizar, desarrollar y responder a las mismas.

Si bien en el presente capítulo introductorio se consignan los lineamientos generales de la forma en que se ha estructurado la investigación, a continuación, se describen brevemente los contenidos de cada uno de los capítulos siguientes con la intención de ofrecer una visión panorámica del trabajo.

Se exponen los referentes teóricos que orientaron la investigación y permitieron valorar los alcances de los resultados obtenidos. Además de los contenidos específicos del campo disciplinar de la Química, se desarrollan aspectos teóricos derivados de las aportaciones provenientes del paradigma cognitivo actual y de los resultados de las investigaciones en enseñanza de las ciencias vinculados a la especificidad del tema propuesto (**Capítulo 1. Marco teórico**).

Se consigna el diseño metodológico sustentado en la Investigación Orientada. Para ello se exponen las características del contexto de aplicación, la población, la variable de análisis, la recolección de datos y del test, la elección y diseño de preguntas, los procesos de muestreo, así como, de las herramientas estadísticas utilizadas en el análisis de datos (**Capítulo 2. Metodología**).

Para lograr lo anterior, en primera instancia se seleccionaron, identificaron y analizaron algunos de los problemas específicos que se presentan en el nivel medio superior, en torno a los procesos de enseñanza y de aprendizaje de la química como ciencia, en lo general; y del tema *oxidación-reducción*, en lo particular. La organización de la *estrategia didáctica para la oxidación y reducción* se realizó a partir del programa de estudios oficial, las ideas previas de los estudiantes, la estructura conceptual del tema, las herramientas y recursos disponibles en los laboratorios de ciencias del bachillerato. El punto central de las actividades que integran la *estrategia didáctica* fue la posibilidad de construcción del conocimiento de los alumnos, a través del propio desarrollo conceptual y cognitivo. El conjunto de actividades de aprendizaje se fundamenta en: los ejes de formación del Proyecto Educativo del IEMS, en la estrategia de enseñanza de investigación orientada, y en los resultados de la evaluación diagnóstica de los contenidos temáticos de Oxidación-Reducción. También se incluye una sección donde se describe de manera general la forma de trabajo del grupo de control (**Capítulo 3. Propuesta didáctica**).

Se realiza un análisis comparativo del conocimiento aprendido por los estudiantes tanto del grupo experimental como del grupo de control después de realizar un conjunto de actividades de aprendizaje, el primero mediante la Investigación Dirigida y el segundo por medio de la instrucción tradicional. Dicho conocimiento se infiere de los resultados recogidos mediante el test sobre oxidación-reducción que se aplicó antes y después de la instrucción que cada grupo recibió. (**Capítulo 4. Resultados y Discusión**).

En el *último apartado* se presentan las conclusiones que se derivan del trabajo de tesis usando los resultados obtenidos del pretest–postest y del análisis de los datos obtenidos. También comentamos sobre las hipótesis de investigación planteadas y lo que implica los resultados obtenidos.

Capítulo 1

MARCO TEÓRICO

Este capítulo se inicia con la presentación de los antecedentes sobre el modelo educativo del Instituto de Educación Media Superior del D.F, y sobre el Nivel Medio Superior en nuestro país, se incluye una reseña de los antecedentes históricos del proyecto educativo, de igual forma se analiza el programa de la asignatura de Química II que se imparte en el cuarto semestre del segundo ciclo escolar. Con esta revisión se pretende mostrar la poca atención que se presta al estudio del tema de reacciones de oxidación y reducción, considerando que es una asignatura que es antecedente conceptual en la formación de los estudiantes para el logro de la competencia científica, se ha querido hacer notar la inadecuada secuenciación de los contenidos que están muy alejados de promover la comprensión de los conceptos fundamentales, sin embargo, solo contribuye a generar mayor confusión en los estudiantes, lo cual se traduce en una falta de capacidad para aplicar correctamente estos conocimientos a las reacciones de oxidación y reducción de mayor complejidad que se deben abordar en el programa de estudio, específicamente en el objetivo seis, como es el caso de la electrolisis o electroquímica. Por último, se presentan una serie de observaciones y sugerencias relacionadas con la secuenciación del contenido del programa de estudio.

1.1. COMPONENTE CURRICULAR

1.1.1. El contexto de la construcción del Proyecto Educativo del Sistema de Bachillerato

El Proyecto Educativo del Sistema de Bachillerato del Gobierno del Distrito Federal, hoy Ciudad de México, sienta sus bases en la experiencia educativa de la Preparatoria Iztapalapa 1 y su Propuesta Educativa, estructurada desde una práctica educativa diferente. En 1995 algunas organizaciones sociales de la Delegación Iztapalapa, ocuparon las instalaciones de la ex-Cárcel de Mujeres, situada en esa misma demarcación y establecieron de manera provisional una escuela

preparatoria para dar atención a las necesidades educativas de los jóvenes de la comunidad y sus alrededores.

La buena voluntad y compromiso con la educación de un grupo de profesores, hizo posible que la escuela comenzara a funcionar, bajo los esquemas que poseían de acuerdo a experiencia formativa y en algunos casos a su experiencia docente. En 1998, el Gobierno de la Ciudad de México, a través de la Dirección de Asuntos Educativos, organizó de manera formal los estudios de la recién formada preparatoria de Iztapalapa. Así, se generan las estructuras educativa, académica, curricular y administrativa que sientan las bases de una nueva propuesta educativa.

En 2000, las autoridades del Distrito Federal deciden ampliar la atención de las necesidades educativas de los jóvenes de la Ciudad, y emite un decreto para la creación del Instituto de Educación Media Superior, mismo que será el responsable de operar y administrar los planteles integrantes del Sistema de Bachillerato del Gobierno del Distrito Federal.

En agosto del 2001 los 16 planteles del Instituto inician los cursos de la primera generación del Sistema. El plan de estudios y los programas correspondientes se sustentaban en los principios rectores de la Propuesta Educativa de la Preparatoria Iztapalapa 1.

El Sistema de Bachillerato del Gobierno del Distrito Federal se inserta en el tipo de bachillerato general, enfocado al desarrollo de procesos de enseñanza aprendizaje, con un carácter propedéutico y en el que se generan competencias significativas para superar los retos de la vida académica y personal (relaciones interpersonales y futuro desempeño ciudadano y laboral).

Para ello, propicia la construcción, reconstrucción e integración de conocimientos necesarios en la formación de una cultura general que posibilita a sus egresados a acceder a la educación superior.

1.1.2. Presentación del tema en el programa de Química del Instituto de Educación Media Superior del D.F

El modelo educativo del Instituto de Educación Media Superior del D.F., coloca en un lugar central al estudiante; es él mismo quien participa activamente en su formación inmediata y futura, y lo hace en la medida que se vuelve sujeto de su propio aprendizaje. Esto exige de

entrada, considerarlo un individuo con derechos, proveniente de un contexto social y cultural específico, con necesidades y perspectivas concretas que atender durante su proceso formativo.

En este sentido, el modelo educativo apunta a que en este proceso el estudiante propicie experiencias de convivencia más significativas, que le permitan su emancipación y desarrollo personal, académico y social.

El proyecto educativo del IEMS considera importante la diversidad social y cultural de la que provienen sus alumnos, a través de la atención personalizada, situación que promueve el óptimo desarrollo académico dentro y fuera de la escuela. Los alumnos deben desarrollar ciertos aspectos formativos como los siguientes:

El *crítico*, donde se aclara que para que algo pueda tener significado debe poder ser cuestionable y estar contextualizado; es decir, debe existir la libre discusión de lo que se aprende, lo cual enriquece el quehacer académico.

El *científico*, donde el alumno no desvincula lo social del desarrollo tecnológico, puesto que se le brinda un significado a los avances que cotidianamente se establecen y se relacionan con el ser humano y la sociedad en la trama social llamada Globalización.

En el *humanístico*, donde se debe entender implícitamente que una institución educativa siempre está relacionada con lo social y que el carácter humano en la formación de estudiantes es trascendental en el momento de egresar de esta institución ya que atiende el perfeccionamiento de competencias formativas en su comunidad, como la moralidad y la autocrítica.

El plan de estudios está compuesto por áreas y la integran las siguientes materias:

- 1) Ciencias: Matemáticas, Física, Química y Biología.
- 2) Humanidades: Lengua y Literatura, Historia, Filosofía, Música y Artes plásticas.
- 3) Prácticas: Planeación y organización del estudio, inglés y computación.
- 4) Optativas: Música y Movimiento, Física moderna, Química, Energía y Sociedad, Filosofía Política, El Comentario de Textos Literarios, Estadística y Probabilidad, Metodología de la Creación de Artes Visuales, Temas Selectos de Matemáticas, Fenómenos Ondulatorios (Sonido y luz), Calculo Diferencial e Integral, Etología de la Evolución de la Conducta Animal, Lengua y Literatura Náhuatl, Historia Entrelazada de la Ciudad de México y actividades extracurriculares.

1.1.3. Estructura general de los planes y programas de estudio de Química en el Instituto de Educación Media Superior

Objetivos generales del programa de Química:

- Analizará los conceptos, principios, leyes, teorías y modelos usados en Química a través de su evolución histórica.
- Reconocerá que el análisis, la síntesis química y carácter cuantitativo de la Química son herramientas metodológicas que diferencian la ciencia química integrada de las demás.
- Adquirirá una cultura química básica que implica el uso del lenguaje propio de la Química, el manejo adecuado de instrumentos y sustancias de laboratorio escolar, así como el desarrollo de habilidades de investigación, para realizar el análisis sistemático de situaciones problemáticas que ocurran en su entorno.
- Reconocerá que la Química es una ciencia que estudia la materia a través de sus propiedades y estructura, considerando los cambios en la composición de las sustancias; su interrelación con la energía y los principios que explican estos cambios.
- Valorará las aportaciones de la Química a la sociedad, a través del desarrollo tecnológico, para mejorar la calidad de vida y optimizar el aprovechamiento de los recursos, así como las repercusiones en su entorno, derivados de estos avances.
- Comprenderá que la información aportada por las otras áreas del conocimiento (científico y humanístico) se relacionan con la Química, lo que le permitirá formarse una opinión propia y crítica más amplia.
- Desarrollará actitudes tales como trabajo en equipo, respeto a las ideas de otros, disciplina, metodología de sistematización del aprendizaje, compromiso y responsabilidad.

En cuanto al programa de estudio para la asignatura de Química II (**Tabla 1**), éste se encuentra conformado por siete objetivos temáticos que se deben abordar en 98 horas semestrales.

Tabla 1. Programa para la asignatura de Química II (corresponde al cuarto semestre)

Objetivos	Contenidos fundamentales
1	Identificará los modelos estructurales de la materia que contribuyeron con el desarrollo de la teoría atómica
2	Reconocerá la importancia de la ley periódica de los elementos con base en el concepto moderno del átomo.
3	Identificará a los electrones externos de los átomos como los responsables de la formación de enlaces entre ellos y su caracterización mediante diferencias de electronegatividades.
4	Reconocerá la formación de iones a través de diferentes procesos para interpretar las propiedades de las disoluciones.
5	Valorará la existencia de sustancias ácidas y básicas, las reacciones entre ellas y su importancia en la vida cotidiana.
6	Analizará las reacciones de óxido–reducción, identificando sus aplicaciones en la vida diaria.
7	Caracterizará los compuestos covalentes representativos del carbono para reconocer la diversidad de propiedades de estas especies químicas

Tal como se encuentra estructurado el programa de la asignatura y dada la sobresaturación de contenidos como se expone en páginas siguientes, consideramos que el alumno difícilmente logrará un dominio adecuado de los conocimientos fundamentales que se plantearon con anterioridad y que constituyen el antecedente conceptual necesario para aquellos que decidan continuar sus estudios superiores.

En la descripción de los contenidos (**Tabla 2**) sólo se propone retomar y aplicar los conocimientos previamente adquiridos sobre oxidación y reducción en los procesos electroquímicos.

Tabla 2. Cita textual de los contenidos de la carta descriptiva del programa para la asignatura. Programa de estudios (SBGDF–Ciencias, 2005).

Temas	Objetivos caracterizados
Analizará las reacciones de óxido–reducción, identificando sus aplicaciones en la vida diaria	Determina el número de oxidación de los elementos con el fin de aplicarlo en la identificación de las especies que se oxidan y se reducen en un cambio químico.
	Aplica el método rédox para balancear ecuaciones químicas
	Valora la participación de las reacciones de óxido reducción en procesos biológicos, industriales y ambientales
	Aplica sus conocimientos estequiométricos en las reacciones de óxido reducción

Se observa que se tiene una descripción escueta de las estrategias de enseñanza y que no se mencionan los instrumentos de evaluación, carece de una guía detallada de los criterios que se pueden emplear para la aplicación de los mismos, y por otro lado el mayor peso de la calificación se designa al examen, el cual es un instrumento inexacto y rígido que presenta las siguientes desventajas:

- a) Tiende a estandarizar el grado y tipo de aprendizaje adquirido por los alumnos, ignorando que el aprendizaje es un proceso personal, el cual se produce de maneras y a ritmos muy variados.
- b) Se centra en la evaluación de los contenidos u objetivos de aprendizaje enfocados básicamente al *saber*, dejando a un lado la evaluación de los objetivos formativos como el *saber hacer* y el *ser*.
- c) Fomentan en el alumno el uso de habilidades de estudio como la repetición y uso de palabras clave, técnicas que favorecen el aprendizaje meramente conceptual, enciclopédico y memorístico, cuyo objetivo es aprender para el examen sin resultar relevante para el alumno su retención a largo plazo.

1.2 COMPONENTE PEDAGÓGICO

Permanentemente los docentes deben preguntarse por qué año tras año se observa de manera natural que los estudiantes olvidan fácilmente la gran mayoría de los conceptos estudiados, aunque estos constituyen la base para poder introducir nuevas temáticas. Una de las razones más fuertes del olvido de los contenidos se debe simplemente porque no se ha logrado el aprendizaje significativo de los mismos, y por lo tanto no se logró entrelazar los conocimientos que ya se tenían elaborados con aquellos que son nuevos. En este apartado se aborda inicialmente el marco teórico constructivista, se citan las principales características del *aprendizaje significativo* y del modelo de enseñanza por *investigación orientada*.

1.2.1. El aprendizaje escolar y la concepción constructivista

El aprendizaje en ciencias tiene sentido cuando logra perdurar en el tiempo y puede ser aplicado en la explicación de fenómenos naturales cotidianos. De aquí que los docentes deben ser creativos en la manera como muestran el conocimiento e implementan en el aula estrategias

diferentes que motiven a los estudiantes a la aprehensión de las diversas temáticas. Existen así muchas maneras de abordar el conocimiento, siendo una de ellas la construcción de unidades didácticas en donde se determina con gran claridad el qué y el cómo se va a relacionar lo cognitivo con lo experimental para hacer un proceso de aprendizaje verdaderamente significativo.

La teoría constructivista tiene un enfoque cognitivo sobre el aprendizaje y tiene como antecedentes, entre otros, los aspectos funcionales de la teoría de Piaget “constructivismo psicogenético” (1975), la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel y otros (1983) y el origen social de los procesos de construcción del conocimiento “socioconstructivismo” de Vigotsky (1978). Jiménez Aleixandre (2000) sintetiza en la **Figura 1** los fundamentos y las consecuencias didácticas del modelo constructivista (citado por Alvarado, 2012).

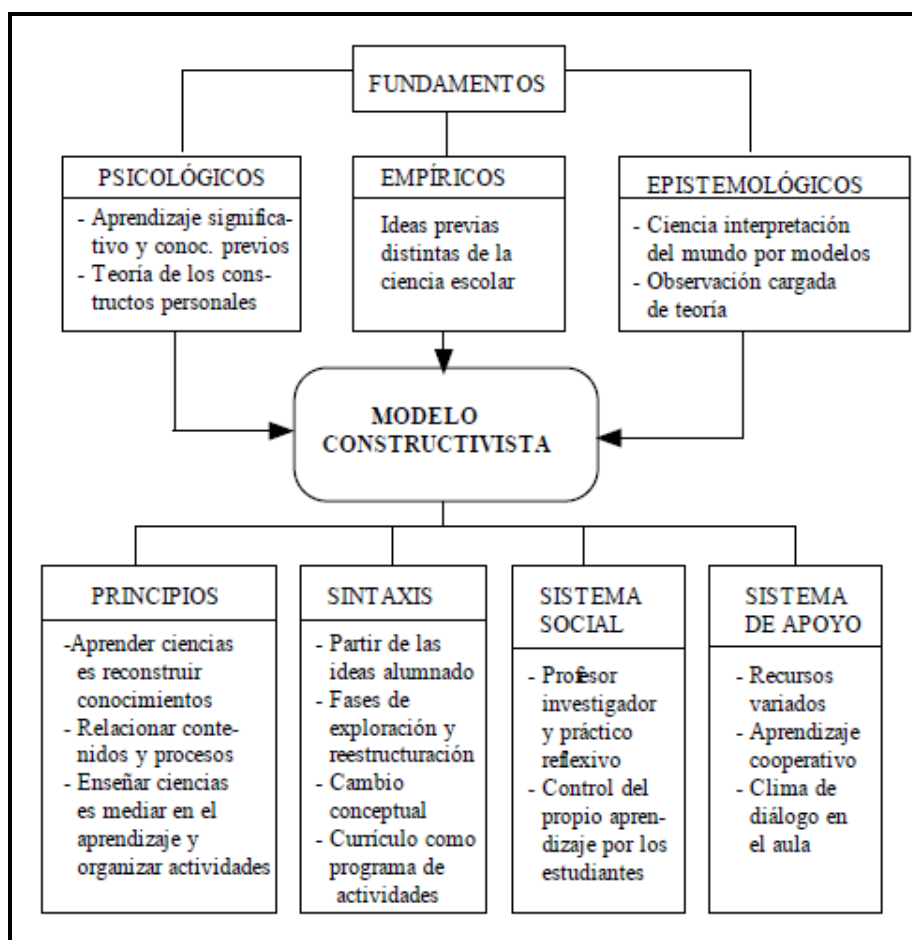


Figura 1. Modelo constructivista (Jiménez Aleixandre, 2000), tomado de Alvarado, 2012.

El reconocimiento del papel activo que las concepciones de los estudiantes tienen en el aprendizaje de los conceptos científicos ha influido, de manera significativa, en el

replanteamiento y la comprensión de problemas de diversa índole –conceptual, didáctica, curricular, de evaluación, de formación docente, de género, etc.– que se presentan en el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias.

El papel del profesor es el de “facilitador” que provee las oportunidades apropiadas para que los estudiantes se enfoquen en la construcción – incluyendo la exposición a situaciones conflictivas y la construcción y evaluación de nuevas ideas. Como lo sugiere von Glasersfeld (1983) “si, entonces, vemos al conocimiento y la competencia como productos de la organización conceptual individual de la experiencia individual, el papel del profesor no será buscar la “verdad”, sino, más bien, el ayudar y guiar al estudiante en la organización conceptual de ciertas áreas de la experiencia.

Con el paso del tiempo se ha intentado reformular los fundamentos de la visión constructivista en la educación científica. Por ejemplo, para Mintzes y Chiu (2004) son solo tres premisas las centrales: (1) Los seres humanos buscan sentido a las cosas. (2) El principal objetivo de la ciencia, las matemáticas y la educación es la construcción de significados comunes. (3) Que los significados comunes pueden ser facilitados por la intervención activa de profesores bien preparados.

1.2.2. El aprendizaje significativo

Dentro de la concepción constructivista en situaciones escolares, no puede ignorarse la importancia que representa el aprendizaje significativo que involucra la adquisición de significados nuevos. Requiere tanto de una actitud de aprendizaje significativo o motivación y otro elemento fundamental como es la presentación de material potencialmente significativo, que centre la atención del estudiante y además que esté en relación con sus intereses.

La condición para el aprendizaje significativo presupone:

- 1) Que el material de aprendizaje en sí puede estar relacionado de manera no arbitraria (interesante, motivada y no azarosa) y sustancial (no al pie de la letra) con cualquier estructura cognoscitiva apropiada (que posea significado “lógico”),
- 2) Que la estructura cognoscitiva del alumno particular contiene ideas de afianzamiento relevantes con las que el nuevo material puede guardar relación. La interacción entre los

significados potencialmente nuevos y las ideas pertinentes de la estructura cognoscitiva del alumno da lugar a los significados reales o psicológicos. Debido a que la estructura cognoscitiva de cada alumno es única, todos los significados nuevos que se adquieren son únicos en sí mismos. Ausubel, Novak y Hanesian (1996).

En la **Figura 2** se sintetizan algunas de las variables relevantes involucradas en el aprendizaje significativo.



Figura 2. El aprendizaje significativo

El aprendizaje significativo es un proceso *activo y personal*. Se entiende por activo, porque depende de la asimilación deliberada de la tarea de aprendizaje por parte del educando haciéndolo personal. La significación de toda tarea depende de los recursos cognitivos que utilice cada educando.” “La tremenda eficacia del aprendizaje significativo se debe a sus dos grandes características principales: la sustancialidad y la falta de arbitrariedad” David Ausubel.

a) Naturaleza del aprendizaje significativo.

El aprendizaje significativo comprende la adquisición de nuevos significados y a la inversa, éstos son producto del aprendizaje significativo. Es el surgimiento de nuevos significados en el alumno refleja la consumación de un proceso de aprendizaje significativo. La esencia del proceso

del aprendizaje significativo reside en que ideas expresadas simbólicamente son relacionadas de modo no arbitrario y sustancial con lo que el alumno ya sabe.

b) Criterios para el material de aprendizaje.

El primer criterio: el de la *racionalidad no arbitraria* – significa simplemente que si el material en sí, muestra la suficiente intencionalidad entonces hay una base adecuada y casi obvia de relacionarlo de modo no arbitrario con los tipos de ideas correspondientes pertinentes que los seres humanos son capaces de aprender.

El segundo criterio: el de la *racionalidad sustancial* – significa que, si el material de aprendizaje es lo suficientemente no arbitrario, un símbolo ideativo equivalente podría relacionarse con la estructura cognoscitiva sin que hubiese ningún cambio resultante en el significado.

El efecto positivo de esta facilidad de aprendizaje depende de la excelente presentación del material que se use para este fin de parte del profesor. Es importante tener presente esta frase típica: “si tuviese que reducir toda la psicología educativa en un solo principio, enunciaría este: de todos los factores que influyen en el aprendizaje, el más importante consiste en lo que el estudiante ya sabe” Ausubel, (1996).

Las ideas previas constituyen la plataforma donde se construye todo el conocimiento. Si estas ideas son adecuadas, se dará el conocimiento de manera más ordenada y eficaz. Si las ideas previas no son suficientes será difícil construir un nuevo conocimiento de calidad. Esta estructura cognitiva juega un papel importante en la vinculación o afianzamiento de nuevos conceptos.

1.2.3. El conocimiento didáctico del contenido (CDC)

El Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC), se refiere al conocimiento que se necesita para poder transformar los contenidos disciplinares, con el fin de hacerlos más comprensibles a los alumnos y facilitar así su aprendizaje. Se trata entonces de hacer de los contenidos disciplinares, contenidos “enseñables y aprendibles”, hace referencia a la enseñanza de una disciplina determinada. Diferentes investigadores coinciden en que este dominio es el que realmente identifica al saber profesional y es el que genera un mayor impacto en las acciones de

enseñanza en el aula de clase (Grossman, 1990; Carlsen, 1999; Gess–Newsome, 1999b; Magnusson, Krajcik y Borko, 1999; Martín del Pozo y Rivero, 2001).

El CDC es de carácter práctico y profesionalizado y se construye a partir de la integración de los otros conocimientos y de las características personales y profesionales del profesor. En la reflexión que hace Segall (2004) acerca de las relaciones entre el conocimiento pedagógico y el conocimiento disciplinar, pone de manifiesto que, en el ámbito de la enseñanza, tanto el uno como el otro, no coexisten independientemente, sino que confluyen en un conocimiento diferenciado: el CDC. En esta dirección, dicho conocimiento es el que permite transformar el contenido *per se*, en contenido para ser enseñado.

En la revisión realizada por Shulman (1986), se define el CDC como una forma específica de conocimiento para la enseñanza, que implica la transformación del conocimiento disciplinar, en la idea de facilitar su comprensión por parte de los alumnos. En los programas de investigación didáctica revisados por él, se detecta que “el programa sobre el pensamiento del profesor ha fallado en analizar la comprensión cognitiva del contenido de la enseñanza por parte de los profesores; y las relaciones entre dicha comprensión y la enseñanza que los profesores proporcionan a los alumnos”

Shulman (1986) caracterizó el CDC por la particularidad de:

- Comprender los aspectos que facilitan o dificultan el aprendizaje del contenido de un tópico específico.
- Conocer las concepciones de los alumnos de diferentes edades y procedencia acerca de un contenido en particular.
- Utilizar estrategias, tales como “analogías, ejemplos, explicaciones y demostraciones, es decir formas de representación y formulación para hacer posible que otros comprendan los contenidos de la enseñanza”.

Como lo señalan Loughran, Mulhall y Berry (2004), el concepto de CDC resultó revolucionario, teniendo en cuenta que asigna una valoración al trabajo del profesor que se corresponde con un Conocimiento Profesional particular. El CDC le es útil al profesor en la estructuración que haga de los contenidos de las lecciones, la selección de las estrategias de

enseñanza, la comprensión de las dificultades de aprendizaje de los alumnos y el aprovechamiento de sus concepciones (Van-Dried, Veal y Janssen, 2001).

Shulman inicialmente hacía énfasis en el conocimiento del contenido disciplinar, desconociendo prácticamente el conocimiento pedagógico. En las propuestas subsiguientes, tuvo presente los dos tipos de conocimiento y otros más, y se planteó la dicotomía entre el conocimiento de los contenidos que se enseñan y el conocimiento pedagógico, relacionándolos mediante el CDC. (Gess-Newsome, 1999). Para Marcelo (1999), “lo original del modelo propuesto por Shulman reside en destacar la importancia de la fase de transformación del conocimiento incluido en las propuestas curriculares, libros de texto, etc. en conocimientos enseñables”.

1.2.3.1. El Conocimiento Didáctico del Contenido en química

Dentro de los contextos educativos actuales, y principalmente en las investigaciones recientes en Didáctica de la Química, un aspecto que cobra gran importancia es el estudio de las concepciones docentes, pues estas se convierten en la base de las acciones profesionales en el quehacer dentro del aula. Según Gil (1991) el profesor debe abordar nuevos retos: ¿qué Ciencia enseñar? y ¿cómo hacerlo? El profesor de Ciencias, además de realizar las tareas técnicas, ha de elaborar los materiales curriculares necesarios para sus clases.

Además de los aspectos generales de la enseñanza de las Ciencias, el profesor debe contar con un conocimiento particular acerca de la metodología, las estrategias y actividades de enseñanza de tópicos específicos de la Ciencia, lo cual implica conocer modelos, ejemplos, analogías, ilustraciones, problemas, demostraciones, simulaciones, etc. Pero no desde la perspectiva instrumental, sino que es menester el conocimiento acerca del alcance conceptual de cada actividad.

Es decir, saber hasta qué punto se potencia el establecimiento de interrelaciones, en qué medida facilita la superación de obstáculos, etc. Se requiere entonces, realizar transformaciones del conocimiento disciplinar para facilitar la comprensión por parte de los alumnos de los principales conceptos y la construcción de un conocimiento escolar.

Mellado (1996, 2001) define el CDC como un conocimiento específico desarrollado por los docentes sobre la forma de enseñar, entendiendo que no es suficiente con el conocimiento de la materia, ni con el conocimiento psicopedagógico general, y que el profesor es el mediador entre el conocimiento científico y el de los alumnos. Según el autor, el conocimiento profesional resulta de la integración de conocimientos de la materia que se enseña y del conocimiento psicopedagógico, como una forma de razonamiento y acción pedagógica para transformar la materia en representaciones comprensibles al estudiante.

1.2.4. El papel del profesor

Brophy (2001 en Alvarado, 2012), se ha centrado en lo que debe evaluarse en los profesores para dar cuenta de la calidad en su enseñanza. “Las doce pautas de la buena enseñanza”, resultado de varias décadas de investigaciones sobre el comportamiento de los buenos profesores. Dichas doce pautas son las siguientes:

- A. Ofrecer un clima propicio de apoyo en el salón de clase: Los estudiantes aprenden mejor en comunidades de aprendizaje cohesivas y con aprecio.
 - B. Dar la oportunidad de aprender: Los estudiantes aprenden más cuando la mayor parte del tiempo está dedicada a actividades relacionadas con el currículo y el sistema de manejo de la clase hace énfasis en mantener a los estudiantes involucrados en esas actividades.
 - C. El alineamiento curricular: Todos los componentes del currículo están alineados para crear un programa cohesivo que alcance los propósitos y metas de la instrucción.
 - D. Establecer orientaciones de aprendizaje: Los profesores pueden preparar a los estudiantes para el aprendizaje dándoles una estructura inicial para aclarar los resultados esperados y las estrategias de aprendizaje claves deseadas.
 - E. Un contenido coherente: Para facilitar el aprendizaje significativo y la retención, el contenido es explicado claramente y desarrollado con énfasis en su estructura y conexiones.
 - F. Un discurso precavido: Las preguntas son planeadas para comprometer a los estudiantes en un discurso sostenido estructurado alrededor de ideas poderosas.
 - G. No olvidar las actividades de práctica y aplicación. Los estudiantes requieren oportunidades suficientes para practicar y aplicar lo que están aprendiendo y recibir retroalimentación orientada a mejorarlo.
 - H. Construir el andamiaje para el compromiso con las tareas: El profesor provee la asistencia que a los estudiantes les haga falta para lograr su compromiso productivo con las actividades de aprendizaje.
 - I. Enseñanza estratégica, con auto-regulación: El profesor modela e instruye a los alumnos en el aprendizaje y las estrategias de auto-regulación.
 - J. Aprendizaje cooperativo: A menudo los estudiantes se benefician de trabajar en pares o pequeños grupos para construir los entendimientos o para ayudar a otro para que domine las habilidades.
 - K. Evaluación orientada a las metas: El profesor utiliza una variedad de métodos de evaluación formal e informal para monitorear el progreso hacia las metas de aprendizaje.
 - L. Expectativa de logros: El profesor establece y sigue a lo largo de la clase la esperanza apropiada de los resultados del aprendizaje.
-

El mantenimiento de una “buena enseñanza” exige que el profesorado repase y revise con regularidad su forma de aplicar los principios de diferenciación, coherencia, progresión y continuidad, y equilibrio no sólo en el “qué” y el “cómo” de su ejercicio docente, sino también en el “por qué”, en relación con sus fines “morales” fundamentales (Day, 2006).

1.2.5. Las secuencias de enseñanza–aprendizaje

Muchos aspectos son los que podríamos exponer en este apartado, ya que actualmente existen numerosos trabajos sobre la importancia de los contenidos. Las secuencias de Enseñanza–Aprendizaje (SEAs) retoman la importancia de las concepciones alternativas de los estudiantes que manifiestan acerca de diversos fenómenos y conceptos, y de los desarrollos teóricos sobre la enseñanza y el aprendizaje como una actividad constructiva (Méheut y Psillos, 2004). En la **Tabla 3** se presentan algunas de las características más relevantes de las SEA (Méheut y Psillos, 2004; Viiri y Savinainen, 2008):

Tabla 3. Características relevantes de las secuencias de enseñanza–aprendizaje (Méheut y Psillos, 2004; Viiri y Savinainen, 2008) citado en Alvarado 2012.

-
- ✓ Se ubican en la tradición de la investigación–acción, empleándose tanto como herramientas de investigación como innovaciones en el manejo de problemas de enseñanza y aprendizaje relacionados con temas específicos.
 - ✓ Orientadas principalmente al campo de las ciencias experimentales y de la salud, así como de las matemáticas.
 - ✓ Implican el diseño, desarrollo y aplicación de una secuencia de enseñanza sobre un tema o concepto específico, en un proceso cíclico evolutivo gradual, enriquecido por datos de la investigación, que interrelaciona la perspectiva científica y la del estudiante, e incluyen el análisis de las características del contenido científico específico, la investigación de las concepciones y motivaciones de los estudiantes, supuestos epistemológicos, teorías del aprendizaje, enfoques didácticos actuales y el contexto educativo.
 - ✓ En la enseñanza y el aprendizaje, los temas son investigados para una sesión específica o para un tema, usualmente durante pocas semanas, más que para un programa curricular completo (de uno o más años).
 - ✓ Incluyen actividades de enseñanza–aprendizaje bien investigadas, empíricamente adaptadas para el razonamiento del estudiante.
 - ✓ Su diseño va a depender de las preferencias personales, conocimientos y habilidades del investigador, tanto como del contexto (Méheut y Psillos, 2004, p. 527).
 - ✓ Diseñar una SEA no es una actividad de “un solo paso”, sino una tarea a largo plazo, un producto con contenido innovador, por el carácter dinámico de su desarrollo (p. 527).
 - ✓ Tratamiento del contenido científico como una problemática para los propósitos de la enseñanza. (p. 527).
 - ✓ Estructura abierta que puede ser rediseñada por el profesor, para facilitar su implementación en el aula, el laboratorio o el ámbito extraescolar. Contiene un cúmulo de elementos rediseñados por el profesor.
 - ✓ Investigadores y profesores trabajan juntos para diseñarlas y evaluar su efectividad.
 - ✓ Retroalimentación del grupo de investigadores al profesor para identificar los puntos de debilidad de la SEA y enriquecerla con nuevos elementos.
-

Algunos diseños de SEAs ponen énfasis en las concepciones alternativas de los alumnos y al razonamiento espontáneo del aprendiz, otras aproximaciones constructivistas centran su atención en el conflicto cognitivo, como una forma de motivar el aprendizaje; por lo que las SEAs deben incluir actividades que además de aflorar o poner en evidencia las concepciones alternativas de los estudiantes, propicien situaciones que contradigan sus ideas. Algunas más hacen énfasis en el cambio conceptual (Posner y otros, 1982) dentro de la SEA, aunque no todos los investigadores consideran que sea factible.

1.2.5.1. Aprendizaje de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales

Novoa (2009), define que los “contenidos” son las capacidades y competencias que se espera que el alumno adquiera, y constituyen el cuerpo de conocimientos, que llevarán al alumno a desarrollar las capacidades y habilidades esperadas. Estos pueden ser de orden: aprendizaje de los conocimientos conceptuales, procedimentales y actitudinales; según el autor:

Coll (2001) refiere que los *contenidos conceptuales* aluden a un conjunto de hechos, objetos o símbolos que tienen características comunes (mamífero, ciudad, potencia, concierto); y los principios, a los cambios en los hechos, objetos o situaciones en relación con otros (leyes de termodinámica, principio de Arquímedes, el tercio excluido). En ambos casos, su aprendizaje requiere comprender de qué se trata, qué significa. Por tanto, no basta su aprendizaje literal, es necesario que el estudiante o aprendiz sepa utilizarlo para interpretar, comprender o exponer un fenómeno. Por ello, aprender conceptos y principios es toda una reforma de las estructuras mentales. Implica una construcción personal, una reestructuración de conocimientos previos, con el fin de construir nuevas estructuras conceptuales que permitan integrar tanto estos conocimientos como los anteriores, a través de procesos de reflexión y toma de conciencia conceptual.

Por ello, aprender conceptos y principios es toda una reforma de las estructuras mentales. Implica una construcción personal, una reestructuración de conocimientos previos, con el fin de construir nuevas estructuras conceptuales que permitan integrar tanto estos conocimientos como los anteriores, a través de procesos de reflexión y toma de conciencia conceptual.

Zabala (1993), define los *contenidos procedimentales* como: "un contenido procedimental es un conjunto de acciones ordenadas y finalizadas, es decir dirigidas a la consecución de un objetivo". Pozo (1999), expresa que "Aprendemos estrategias a medida que intentamos comprender o conocer nuestras propias técnicas y sus limitaciones y ello requiere que hayamos aprendido a tomar conciencia y reflexionar sobre nuestra propia actividad y cómo hacerla más efectiva"

Valls (1995) define los procedimientos como "un conjunto de acciones ordenadas a la consecución de una meta". Asimismo, menciona que "no debe confundirse un procedimiento con una determinada metodología. El procedimiento es la destreza que queremos ayudar a que el alumno construya. Es, por tanto, un contenido escolar de la planificación e intervención educativa, y el aprendizaje de ese procedimiento puede trabajarse mediante distintos métodos".

Pozo (1999), define las *actitudes* como: "tendencias o disposiciones adquiridas y relativamente duraderas a evaluar de un modo determinado un objeto, persona, suceso o situación y a actuar en consonancia con dicha evaluación". Son disposiciones afectivas y racionales que se manifiestan en los comportamientos, por ello, tienen un componente conductual (forma determinada de comportarse), rasgos afectivos y una dimensión cognitiva no necesariamente consciente.

Coll (2001) presenta la clasificación del aprendizaje de los conocimientos actitudinales, y manifiesta que las actitudes y valores trascienden las situaciones específicas y se manifiestan de manera personalizada, y por ende se refleja en la sociedad; los valores y actitudes que se encuentran en los objetivos de la etapa de enseñanza y aprendizaje se fundamentan en:

1. La autonomía y la iniciativa,
2. La salud y la higiene,
3. La participación y la solidaridad.,
4. El respeto a los valores de los otros,
5. La responsabilidad,
6. La convivencia y la paz,
7. La tradición histórica y cultural,
8. Conservación del medio ambiente físico y natural,
9. La identidad nacional y cultural.

1.2.6. Las estrategias de enseñanza y aprendizaje

En este apartado no se pretendió desarrollar en forma exhaustiva las estrategias de enseñanza–aprendizaje, sino destacar la argumentación, la modelización, el aprendizaje colaborativo, la incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación, así como la realización de trabajos prácticos que, directamente vinculados con el quehacer del profesor, promuevan entre los alumnos la comprensión de los conceptos relacionados con la oxidación y reducción, así como su participación activa. Estas estrategias se incorporaron en la secuencia de enseñanza–aprendizaje, con la finalidad de que los alumnos las llevaran a la práctica durante el desarrollo de los trabajos prácticos mismos. Con respecto a lo expresado, se presenta un sencillo diagrama (**Figura 3**).

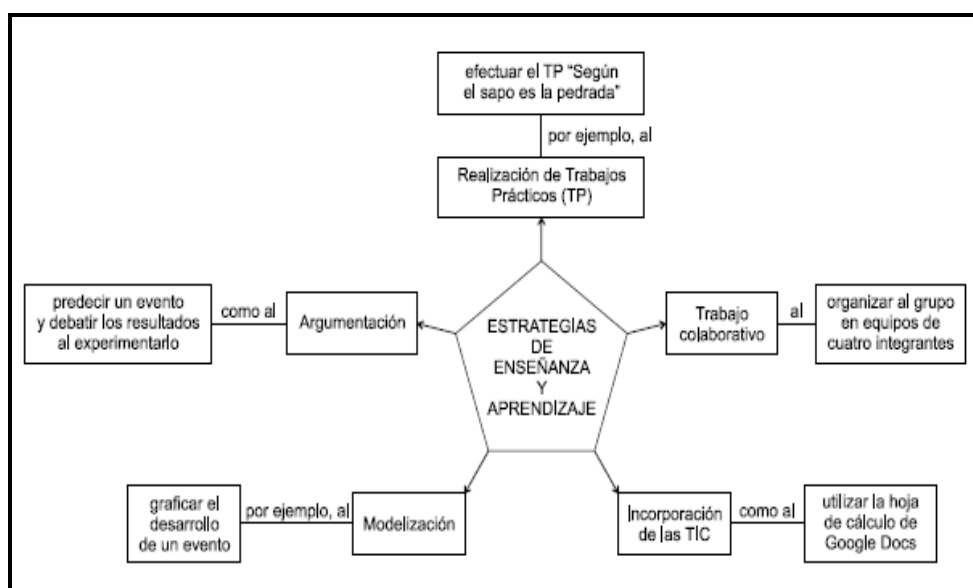


Figura 3. Ejemplo de estrategias de enseñanza y aprendizaje (Alvarado, 2012)

Todo maestro para mejorar su práctica pedagógica debe tener en cuenta las siguientes interrogantes: ¿cuál es mi propósito?, ¿qué estrategias emplearé?, ¿logré lo que me proponía? La labor del docente en el proceso de enseñanza y aprendizaje comprende el guiar, orientar, facilitar y mediar los aprendizajes significativos en sus alumnos enfatizando el “aprender a aprender” para que aprendan de forma autónoma independientemente de las situaciones de enseñanza. De esta manera, el docente debe adoptar estrategias diversas según las necesidades e intenciones deseadas que le permitan atender los diferentes estilos y ritmos de aprendizajes de sus alumnos.

De acuerdo con Monereo (1995), actuar estratégicamente ante una actividad de enseñanza aprendizaje supone ser capaz de tomar decisiones para regular las condiciones que delimitan la actividad en cuestión y así lograr el objetivo perseguido. En este sentido, enseñar estrategias implica enseñar al alumno a decidir conscientemente los actos que realiza, enseñarle a modificar conscientemente su actuación cuando se oriente hacia el objetivo buscado y enseñarle a evaluar conscientemente el proceso de aprendizaje o de resolución seguido. Pero si queremos optimizar la enseñanza de estrategias de aprendizaje, los profesores también debemos de actuar estratégicamente cuando aprendemos y, sobre todo, cuando enseñamos nuestra materia.

1.2.6.1. La importancia de la argumentación en el aprendizaje de las ciencias

Para el caso de la presente investigación que tiene el propósito de contribuir a diseñar estrategias para desarrollar la argumentación en las clases de ciencias la caracterización de los modelos argumentativos va más allá de la caracterización de los modelos conceptuales en tanto estos se constituyen en un componente del modelo argumentativo que se pretende construir.

Duschl y Osborne (2002) considera muy importante desarrollar investigaciones que permitan construir procesos para que los estudiantes logren introducirse en la ciencia, desde el aula de clase, a través de comunidades de práctica en las que se faciliten modos de discurso que se asemejen a las de las comunidades científicas. En tales comunidades, los estudiantes pueden ser estimulados a cuestionar, justificar y evaluar el conocimiento, su propio razonamiento y el de otros, de manera que se alcance la enculturación en procesos discursivos que apoyen la construcción de conocimiento y los procesos de autorregulación.

En esta perspectiva, una tarea crítica de los procesos de enseñanza de las ciencias es construir contextos en los que los estudiantes puedan explorar críticamente la coordinación entre la evidencia y la teoría que apoya o refuta una conclusión, modelo o predicción (Suppe, 1998). Además, es también reconocer que la argumentación se realiza con base en conceptos, teorías o modelos científicos y se expresa en estructuras argumentativas que dan cuenta de las relaciones que se establecen entre las teorías, los modelos y las evidencias.

En relación con este último aspecto Giere (1999b) plantea que la argumentación en ciencias es un proceso de elección entre modelos y teorías para explicar los fenómenos de la realidad.

Según Duschl y Gitomer (1997), el proceso de elección entre teorías se puede producir si se generan interpretaciones diferentes de los datos debido a las interpretaciones particulares de las comunidades científicas, a los avances tecnológicos y a los cambios en los objetivos de las ciencias.

Driver et al., (2000) muestran cómo la ciencia en las escuelas ha sido abordada desde una perspectiva positivista, como un objeto en el cual las respuestas son exactas y claras y donde los datos de donde se obtienen las respuestas no están sujetos a controversia. Esta perspectiva es diferente de la que se da en el ámbito científico, donde las prácticas discursivas hacen parte de los procesos de construcción del conocimiento.

El aprendizaje de las ciencias, como se propone en algunos ámbitos académicos de Europa (Jiménez–Aleixandre y Díaz de Bustamante, 2003; Osborne et al., 2004), y menos en Latinoamérica, implica reconocer los diferentes modelos que se usan para explicar un evento o fenómeno en un contexto particular, y sustentar la elección de alguno de dichos modelos, reconocer sus limitaciones y enfrentar los contraargumentos que surgen en los procesos de interpretación y comprensión de la realidad (**Figura 4**).

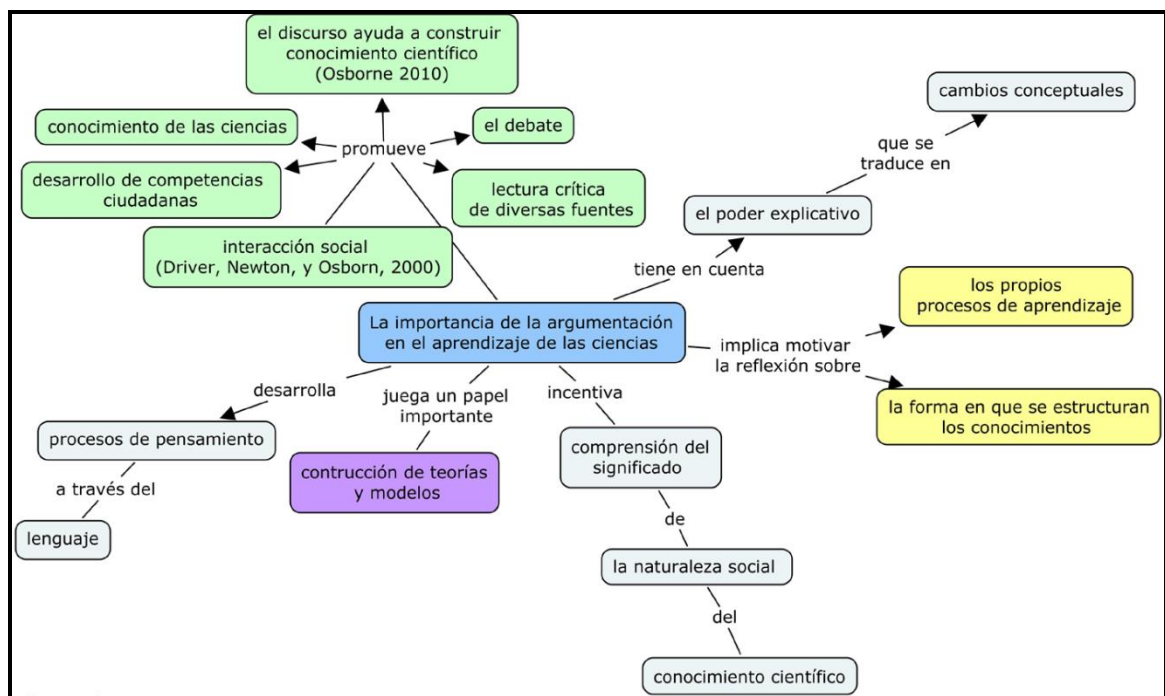


Figura 4. La argumentación y su relación con la enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

En la enseñanza de las ciencias, varios autores han analizado la argumentación en clases de ciencias basándose en los modelos propuestos por Toulmin, van Dijk y Adam. El primero tiene su origen en teorías de razonamiento práctico y se refiere a la práctica jurídica y los segundos a la lingüística textual (Sardá y Sanmarti, 2000).

Toulmin considera como argumento todo aquello que es utilizado para justificar o refutar una proposición. Aunque no ofrece los rasgos lingüísticos de su modelo, estos han sido inferidos a partir de los elementos funcionales de aquel. Según Sardá y Sanmarti (2000), el modelo de Toulmin permite que los alumnos reflexionen sobre la estructura del texto argumentativo y la importancia de las relaciones lógicas que debe haber entre ellas.

1.2.6.2. La modelización en el campo de las ciencias

Los procesos de modelización son en la actividad científica una de las actividades de mayor importancia en la construcción de conocimiento, siendo considerados no solo como una etapa auxiliar al proceso, un subproducto de la actividad científica o un medio para llegar a un fin, sino como un fin mismo dentro de la actividad científica según afirma Gieré, 2000 (citado en Justi 2006) cuando dice *“La ciencia es un proceso de construcción de modelos con distintas capacidades de predicción”*.

La elaboración de un modelo requiere de procesos cognitivos que demandan y a la vez facilitan el desarrollo de una comprensión profunda del fenómeno modelado y es por esto que creemos que puede ser un elemento de gran utilidad en las aulas en busca de un aprendizaje profundo, flexible, sistemático y crítico de las ciencias. Es un hecho que a nivel teórico los planteamientos desde la perspectiva del cambio conceptual tanto en su versión original como en sus subsiguientes revisiones han sido de gran importancia para la investigación en didáctica de las ciencias, sin embargo estos planteamientos necesitan del acompañamiento de algunos elementos metodológicos que ayuden a los docentes a centrar y estructurar sus intervenciones en el aula.

La propuesta de Justi (2006) para la enseñanza de las ciencias por medio de procesos de modelización estará fundamentando (en conjunto con los planteamientos sobre el ciclo del aprendizaje de Jorba y Sanmartí, 1997) la dimensión operativa de nuestro ¿“cómo”? En un intento por extrapolar parte de la esencia de la construcción del conocimiento científico a los procesos de enseñanza–aprendizaje dentro de las aulas regulares, Justi propone un modelo a manera de guía metodológica con el cual implementar los procesos de modelización que se llevan a cabo en la actividad científica para la construcción de un conocimiento escolar más cercano a los cánones de científicidad y que responda además a las necesidades e intereses de los estudiantes dentro de la sociedad actual.

Partiendo de algunos planteamientos sobre los procesos de modelización en la ciencia realizados por Clement en 1989 (Clement, 1998 en: Justi, 2006), Justi en compañía de Gilbert lograron extraer algunos aspectos generales mediante los cuales los científicos razonan y elaboran sus modelos explicativos y a partir de esto lograron desarrollar el siguiente modelo para proyectar estos procesos a la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias (**Figura 5**).

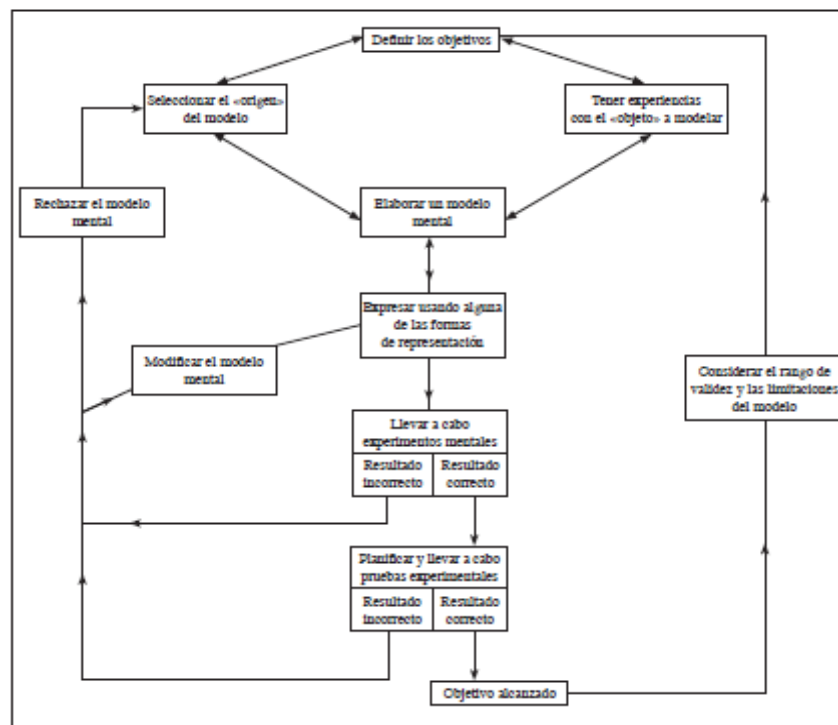


Figura 5. Modelo para el proceso de construcción de modelos (Justi y Gilbert, 2002; citado en Justi, 2006)

El proceso de modelización plantea que la estructura cognitiva del estudiante debe llevar a cabo un proceso de interacción con tres elementos que son el objeto a modelar, los objetivos de la modelización y los medios de expresión del modelo. Los modelos elaborados individualmente deben ser comunicados entre los estudiantes para elaborar un modelo consensuado y al final de esta construcción consensuada cada grupo revela su elaboración al resto de sus compañeros.

1.2.6.3. El trabajo colaborativo

El aprendizaje colaborativo exige tener metas comunes, responsabilidades individuales e igualdad de oportunidades, las metas grupales son estímulos dentro del aprendizaje colaborativo que facilitan crear un espíritu de equipo y alientan a los estudiantes a ayudarse entre sí. La responsabilidad individual requiere que cada miembro del grupo en colaboración con otros, muestre sus capacidades en los conceptos y habilidades que se enseñan. La Igualdad de oportunidades para el logro del éxito significa que todos los estudiantes, más allá de sus habilidades previas, puedan ser reconocidos por su esfuerzo personal en el contexto del aprendizaje colaborativo se parte de organizar a los alumnos en pequeños grupos, el alumno aprende a comprometerse, negociar y motivar a sus compañeros alrededor de una tarea común. (Senge, 2002).

Esta forma de trabajo busca que los docentes ayuden a los alumnos a participar convirtiéndose en protagonistas de sus propios procesos de aprendizaje y en la toma de decisiones. Mediante esta dinámica de interacción de los participantes se aprovecha su diversidad, estilos para aprender, los distintos conocimientos, su cultura, habilidades previas.

Las habilidades que se desarrollan en el trabajo colaborativo según Joan (Bonals, 2000) son:

- *Interdependencia positiva*: Donde toman conciencia de que no pueden tener éxito a menos que todos los miembros del equipo aprendan.
- *Interacción personal*: Se refiere a la relación que se establece entre los alumnos con el objetivo a realizar.
- *Responsabilidad personal*: Se refiere a la disposición de los alumnos para aportar sus habilidades y recursos en el desarrollo de una actividad para el aprendizaje personal y el éxito de su equipo.
- *Habilidades interpersonales*: Es el desarrollo de habilidades sociales y se propicia al resolver conflictos en forma positiva, desarrollando una comunicación clara y directa, aceptar al equipo y ser aceptado por sus compañeros, proporcionar apoyo a todos los miembros del grupo y resolver problemas en conjunto.
- *Procesamiento grupal*: Reflexionen en forma metacognitiva sobre su proceso de aprendizaje, es decir saben cómo aprenden a aprender.

1.2.6.4. Los trabajos prácticos

Los intentos de renovación de la enseñanza de las ciencias, surgidos a partir de los años sesenta, giraron en torno al binomio adquisición significativa de conocimientos – familiarización con la metodología científica, en un intento de aproximar contenidos y métodos, realizando el papel educativo de estos últimos (Gil Pérez, 1983). El interés creciente por las actividades prácticas ha tenido como fruto la publicación de numerosos estudios que pretenden determinar los límites y la naturaleza del trabajo experimental.

Aunque no existe una definición consensuada, bajo la denominación de trabajo práctico se suelen incluir actividades realizadas por los alumnos en las que éstos tengan que desarrollar destrezas manipulativas o intelectuales para solucionar algún tipo de problema o para explorar el medio natural. La mencionada falta de consenso alcanza incluso a la propia denominación de unas actividades que aparecen recogidas en la investigación didáctica, indistintamente, como *trabajo experimental*, *investigación escolar* o *actividades prácticas*, aunque quizás sea la denominación de *trabajo práctico* la más utilizada. Para Hodson (1994) el trabajo práctico sería cualquier método de aprendizaje que exija a los alumnos que sean activos en lugar de pasivos, de acuerdo con la idea de que los estudiantes aprenden mejor a través de la experiencia directa.

Para Miguens y Garret (1991) las expresiones “trabajo práctico” o “actividades prácticas” se utilizan para indicar el trabajo realizado por los estudiantes en la clase, en el laboratorio o en el campo que pueden involucrar un cierto tipo de interacción con el profesor e incluyen demostraciones, experimentos exploratorios, experiencias prácticas e investigaciones.

Del Carmen (2000) citado en Ciencias: Antología. Primer Taller de Actualización sobre los Programas de Estudio 2006. Reforma de la Educación Secundaria propone, como características que definen el trabajo práctico:

- Son actividades realizadas por los alumnos
- Implican el uso de procedimientos científicos de diferentes características (observación, formulación de hipótesis, realización de experimentos, técnicas manipulativas, elaboración de conclusiones, etc.) y con diferentes grados de aproximación en relación al nivel académico
- Requieren el uso de material específico
- Con frecuencia se realizan en un ambiente diferente al aula (laboratorio, campo...)
- Encierran ciertos riesgos, por lo que es necesario tomar medidas
- Son más complejas de organizar que las actividades de aula

Praia y Marques (1997) afirman que cuando los profesores se proponen realizar actividades de trabajo de laboratorio, la mayoría de las veces tienen en mente varios objetivos y que sus representaciones sobre lo que es ciencia, sobre lo que es hacer ciencia o lo que es el método científico interfieren, no solamente en lo que enseñan, sino, sobre todo, en cómo lo enseñan y en el significado que atribuyen al trabajo de laboratorio.

Para González Eduardo (1992) uno de los objetivos más señalados a la hora de fundamentar la tarea de laboratorio en la enseñanza es acercar a los alumnos a la actividad y a los métodos de la ciencia, mientras que Sanmartí et al. (2003), centra su importancia en la adquisición de habilidades manipulativas, ya que entienden que el aprendizaje de una determinada técnica sirve para la construcción de modelos asociados y afirman que uno de los factores que ha dado lugar al avance de la ciencia es la invención y uso de nuevos instrumentos, argumentando que sin microscopio no existiría el concepto de célula tal y como hoy se ha construido.

Como puede verse, cuando se plantea el objetivo concreto que persiguen los trabajos prácticos nos encontramos con una gran diversidad de propuestas, cuya consecuencia, sin duda beneficiosa, es la de dar a conocer diferentes opiniones respecto al papel que debe jugar el trabajo práctico en los planes de estudio. Sin embargo, llegado el punto en que *“algunas veces los profesores hacen prácticas sin una buena razón o sin pensar en objetivos útiles”* (Miguens y Garret, 1991) o cuando *“se pueden constatar los motivos más desconcertantes a partir de preguntas realizadas a los profesores sobre las razones personales para promover actividades de trabajo de laboratorio”* (Praia y Marques, 1997), parece necesaria una reflexión encaminada a buscar mayor concreción respecto a la finalidad del trabajo práctico en los distintos niveles educativos.

1.2.7. Enseñanza de las ciencias: Química

Es inherente al ser humano hacer presupuestos y tratar de explicar la realidad que lo rodea desde el “sentido común”. Cuando se inicia un proceso de observación, aprendizaje y/o conocimiento, nuestras ideas previas y la experiencia cotidiana (Carretero M., 1997) juegan un papel importante en la capacidad de observación y la construcción de explicaciones de un fenómeno particular. Se pueden obtener tantas explicaciones a un fenómeno como sujetos lo estén observando, ya que cada uno lo ve con los ojos de su “sentido común” y lo expresa de

acuerdo al “mundo de sus ideas”; Pero no sólo las “concepciones alternativas” juegan un papel importante, sino también, todos aquellos factores sociales, familiares, económicos que condicionan de manera directa los conceptos adquiridos y vivenciados por los estudiantes.

En este sentido, por ejemplo, si un estudiante no se motiva por el aprendizaje de un tema específico, y si no se aplican estrategias para darle significado al concepto; se terminará por llevar un aprendizaje memorístico a corto plazo para el educando. Uno de los inconvenientes en los procesos de enseñanza –aprendizaje de las ciencias es que los conocimientos se llevan al aula de forma mecánica, sin que el estudiante logre determinar las implicaciones de las leyes dentro del funcionamiento del mundo natural.

Lo que conlleva a que el proceso de aula se vea permeado por un bombardeo de temáticas, que para la realidad del estudiante no son más que un juego de términos aburridos, sin “sentido” y tan lejanos e inútiles, que se olvidan en poco tiempo. Por esa razón es importante, durante el desarrollo del proceso de aula, que los estudiantes sean actores activos del proceso educativo, colmen sus expectativas escolares, utilicen el concepto para explicar el mundo cotidiano y le den sentido a lo que se enseña en el aula; para que de esta forma se active la memoria a largo plazo.

La metodología en el panorama de la enseñanza de la química, nos ofrece diversas alternativas; en donde uno de los caminos a seguir es la práctica estructurada, gradual y sistemática, que obedece a un diseño experimental bien elaborado, con objetivos claros y metas cuantificables en el ambiente del aula. La química en el siglo XX ha sufrido un desarrollo extraordinario con avances importantes en campos de tanta repercusión para la vida como el ambiente, la salud o los alimentos y es de esperarse que cualquier currículo que pretenda dotar al alumnado de una formación química actual debe contemplar estos avances; con el fin de evitar que exista una separación entre la química que se enseña en el aula de clase y la química presente en la vida cotidiana (Caamaño, 2001). Por esa razón se han venido incorporando modelos y aspectos didácticos, que buscan mejorar el proceso de enseñanza – aprendizaje, tales como:

☆ *Aprendizaje por descubrimiento*: Busca fortalecer en los educandos la capacidad para descubrir los principios básicos sobre los que se estructuran las ciencias a partir de la manipulación de eventos y núcleos problematizadores propuestos por el docente; con el fin de lograr el desarrollo de habilidades metacognitivas (Novak et al, 1988). En este modelo se

debe prestar gran atención por parte del docente al proceso y a las explicaciones elaboradas por los estudiantes, para no caer en procesos teóricos falsos o poco relevantes; además que, por el alto grado de compromiso, es importante generar cierto tipo de habilidades que tal vez, solo se puedan desarrollar en los grados superiores, dándole una verdadera rigurosidad al proceso de descubrimiento y explicación del fenómeno.

☆ *Aprendizaje por indagación:* Es un modelo que busca que el estudiante indague acerca de la composición y fundamentación de las ciencias y su implicación en la vida cotidiana, partiendo de ejemplos del diario vivir; de tal manera que se puedan explicar los fenómenos de manera microscópica y macroscópica, aplicando conceptos y herramientas del aprendizaje colaborativo (compartir y aprender todos de todos). De esta manera se logra motivar la curiosidad y promover una actitud investigativa y la capacidad de proponer hipótesis acerca de lo que se está indagando. Este es el modelo que más fortalezas presenta ya que de la interacción directa con los fenómenos o ejemplificaciones de ellos, el estudiante fortalece su parte humana; porque comparte e interactúa con sus pares académicos y aprende con problemas de las ciencias contextualizados y fácilmente reproducibles desde su diario vivir.

☆ *La Investigación Orientada,* es un modelo en la enseñanza de las ciencias que pretende fomentar la investigación en el aula; de manera que los estudiantes sean capaces de llegar a construir y elaborar conceptos teóricos, que expliquen los fenómenos naturales, a partir de sus conocimientos previos; donde el docente es un guía que facilita el desarrollo de las potencialidades analíticas y el espíritu de investigación del educando. Este modelo es una alternativa, que permite el desarrollo de una mirada científica de la realidad; sin embargo, puede caer en la monotonía escolar debido a la baja capacidad de contextualización; puesto que descuida la capacidad de los estudiantes para transformar su realidad más cercana al no tener en cuenta las ideas previas. Es de aclarar que, si se trabaja en la solución de problemas del contexto, el modelo sería de mucha más utilidad.

La enseñanza de las ciencias y las nuevas tecnologías: Es un modelo que busca la integración de las TIC's en los procesos de enseñanza – aprendizaje; con el fin de desarrollar competencias tecnológicas y de manejo de información y crear un mundo más equitativo. Puesto que el estudiante ve a la tecnología como un medio que le permite interactuar con la ciencia, reconstruir

su historia, emplear múltiples medios y entornos de aprendizaje, para construir su propio mundo de ideas basado en los programas y simuladores que modelan la realidad y extrapolar los resultados al contexto cotidiano.

El pensamiento en la enseñanza de las ciencias, es un proceso que puede ser inducido a través de una serie de operaciones, de labores, de trabajo compartido entre profesor y estudiante, a través del cual éste último puede repensar lo que otros ya pensaron, para llegar a conocer. La enseñanza de la química en la educación media presenta un currículo lleno de contenidos; de manera que falta tiempo para desarrollarlos, si se cambia la orientación tradicional, que reproduce muchos de los esquemas de los antiguos modelos y currículos y en la cual el aprendizaje no tiene sentido, no se analiza la secuenciación, ni se verifican los aprendizajes a través de la aplicación al contexto. Es decir, tenemos una química del siglo XIX, transmitida por profesores del siglo XX y dirigida a alumnos del siglo XXI (Monereo y Pozo, 2001).

Algunas de las estrategias de enseñanza que pueden articularse para la enseñanza de las ciencias y la química son, resolución de situaciones problemas (Lopes y Costa, 1996; Soubirón, 2005), aprendizaje por descubrimiento (Candela M, 1991), transmisión recepción, cambio conceptual (Ruiz Ortega, 2008), aprendizaje por indagación (Patiño Garzón *et al.*, 2010), desarrollo de capacidades metacognitivas (Campanario y Moyá, 1999), aprendizaje por investigación, investigación orientada (Gil Pérez, 1994; Lancelle, 2008), entre muchas otras. Se puede apreciar que hay varias estrategias, así que antes de aplicar alguna de ellas es importante analizar que capacidades se quieren desarrollar, las características del grupo de estudiantes, así como ventajas y desventajas de la estrategia.

1.2.8. Modelo de enseñanza por investigación orientada

La investigación orientada es una metodología sustentada en el paradigma naturalista, fortalecido con la teoría del constructivismo, propone el aprendizaje de los conceptos como una construcción de manera activa por parte del aprendiz y la cual se lleva a cabo con base en los conocimientos previos (Pozo y Gómez, 1998), citado por (Torres Salas, 2010).

En la investigación orientada el aprendizaje de las ciencias comprende un proceso de construcción social de teorías o modelos. Los docentes por su parte orientan a los estudiantes

para que estos logren aprender o modifiquen conceptos, actitudes, o procedimientos que les permitan tener mayor destreza al enfrentarse a problemas teóricos o prácticos. Además, la utilización de la investigación dentro del aula implica necesariamente la puesta en práctica del pensamiento científico (Torres Salas, 2010).

Investigaciones en didáctica de las ciencias han demostrado que existen dificultades tales como la estructura lógica de los contenidos conceptuales, el nivel de exigencia de estos y la influencia de conocimientos previos. Por eso algunos autores han determinado que es necesario pensar en opciones en las que el desarrollo de los contenidos se enfoque en un planteamiento y su resolución se realice en forma conjunta entre el docente y el estudiante (Torres Salas, 2010). Se puede afirmar entonces que la investigación dirigida es una estrategia para construcción del aprendizaje, además los estudiantes aplican metodologías que los llevan por caminos del auto aprendizaje y llegar así a la premisa de “aprender a aprender” (Cañal y Porlan, 1987).

El método de investigación orientada se fundamenta en el desarrollo de una pregunta. Todo conocimiento o saber, inicia con una pregunta, pues esta, es la motivación que tiene un ser para profundizar un conocimiento determinado, del cual tiene algún manejo, pero es insuficiente cuando necesita explicar nuevas situaciones o problemas. Es importante, que las preguntas a desarrollar con los estudiantes, estén estrechamente relacionadas con sus necesidades e inquietudes de su entorno, pues esto garantiza el interés de avanzar en un saber específico.

Esta capacidad de generar preguntas, de inquietarse por su entorno, de identificar necesidades en su comunidad, permite a los estudiantes introducirse en el mundo de la investigación, haciéndola cada vez más cercana y cotidiana. Es necesario comprender que, si estos procesos se inician desde una edad temprana, se estimulará el desarrollo una actitud crítica y propositiva.

La investigación orientada se apoya en la realización de prácticas experimentales, para desarrollar una serie de aspectos fundamentales y poder hablar de orientación investigativa en el aprendizaje de las ciencias. Estos aspectos se desarrollan antes, durante y después de realizar la práctica experimental (Carrascosa *et al.* 2006; Gil Pérez, 1994; Soubirón, 2005). El docente debe participar activamente en cada una de las etapas que implica el desarrollo de las prácticas experimentales, ofreciendo ayuda a los estudiantes cuando lo considere necesario, incentivando la

formulación de preguntas por parte de los niños y colaborando en la construcción del conocimiento.

En el siglo XVII, Locke propuso la necesidad de que los estudiantes de ciencias realizaran trabajos prácticos y desde entonces se ha visto la importancia de asociar dicha actividad con la enseñanza de las ciencias (Barberá y Valdés, 1996). En general, tanto docentes como estudiantes de química manifiestan, que las prácticas experimentales traen grandes beneficios tales como, desarrollo de la curiosidad, suscita discusiones, demanda reflexión, genera el desarrollo de hipótesis, incentiva el espíritu crítico, genera obtención y análisis de resultados, así como la presentación de estos en un informe o ante un público.

Carrascosa *et al.* (2006) defienden la orientación investigativa en la enseñanza de las Ciencias y proponen diez aspectos que deben ser tenidos en cuenta en las prácticas de los docentes para evitar caer en un trabajo meramente experimental:

-
1. Presentar *situaciones problemáticas abiertas*
 2. Despertar el *interés por las situaciones propuestas*
 3. Fomentar los *análisis cualitativos* que favorezcan la comprensión y la formulación de preguntas.
 4. Promover la *formulación de hipótesis*
 5. Destacar la participación de los estudiantes en la *elaboración de diseños y la planificación* de la actividad experimental.
 6. Plantear el *análisis minucioso de los resultados* en función del referente teórico, las hipótesis formuladas y los antecedentes sobre el tema.
 7. Promover el análisis sobre posibles *perspectivas de los resultados* y sus implicancias científicas, sociales, tecnológicas y ambientales.
 8. Solicitar un *esfuerzo de integración* de los aportes del estudio a la construcción de un cuerpo de conocimientos y sus derivaciones a otras áreas.
 9. Elaborar un *reporte científico* con el fin de comunicar el trabajo y destacar la importancia de la difusión de los resultados.
 10. Fomentar la *dimensión colectiva del trabajo científico*: en la clase de Ciencias se deben constituir diferentes equipos de trabajo, que representen la comunidad científica, de modo que se pueda favorecer la interacción entre ellos, la discusión de sus resultados, la contrastación con los conocimientos existentes sobre el tema y la perspectiva del profesor. Es decir, se busca poner en práctica la actividad real de los equipos científicos y destacar que los resultados alcanzados deben formar parte de un cuerpo de conocimientos que constituye el consenso de la comunidad científica en un momento particular.
-

La propuesta intenta colocar a los estudiantes en situación, a modo de “*investigadores*” conformando equipos de trabajo cooperativo, dirigidos por el profesor quien asume el rol de guía (Furió y Guisasola, 2001). Los estudiantes se organizan en pequeños grupos de trabajo durante la clase, a los cuales se proponen actividades de investigación relativas a la solución de situaciones problemáticas. Los grupos interactúan entre sí, con el profesor y los instrumentos de mediación del conocimiento, tal como lo hace la comunidad científica, comunicándose y cuestionándose mutuamente los resultados obtenidos durante el proceso. De este modo, se busca despertar el interés y optimizar las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia, al mismo tiempo que son introducidos en los procedimientos científicos y los modos de percibir la naturaleza para la construcción de nuevos conocimientos.

Este enfoque se apoya en la idea de un aprendizaje constructivista que parte de las concepciones de los estudiantes, no para cuestionarlas sino para que sean explicitadas a modo de hipótesis provisionales de trabajo que es necesario corroborar. En este proceso los estudiantes buscan respuestas a problemáticas de interés esforzándose por proponer nuevas ideas tentativas, diferentes a las iniciales, para alcanzar la solución deseada. Este enfoque, por lo tanto, no busca suplantar las ideas de los alumnos por otras consideradas válidas desde el experto, sino que promueve la búsqueda permanente de nuevas respuestas a nuevos interrogantes por parte del propio estudiante, orientado por el docente, en un proceso de creciente profundización (Gil, 1993; Furió *et al.*, 2006). Así, las concepciones iniciales de los estudiantes pueden ser transformadas por la propia actividad del sujeto en interacción con otros.

Al aplicar esta serie de actividades en la enseñanza por investigación orientada se espera que los estudiantes comprendan bien los temas y se reitera, para los docentes, que al momento de enseñar un tema se debe manejar el conocimiento disciplinar de lo que van a orientar, el conocimiento epistemológico en los orígenes de éste a través del tiempo y finalmente ser innovador en el conocimiento pedagógico con didácticas interactivas estudiante–maestro y aunque se reconoce que el educando no es un receptor de conocimientos se destaca la necesidad de conceptos científicos básicos guiados sin los cuales el proceso de enseñanza por investigación orientada sería más complejo.

A partir del artículo, “*Enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada*”, (Furió *et al.*, (2006)) se

considera viable la propuesta de diseñar un currículo fundamentado en secuencias de actividades que dan herramientas al estudiante en la reestructuración de su conocimiento, donde puede diferenciar que es él quien deduce juicios, quien motivado por dar aportes al desarrollo de una temática es capaz de ir más allá, indaga, lee, propone, expone, se contradice, aclara, concluye, descubre es decir desarrolla técnicas de estudio o trabajo científico bajo una orientación prediseñada por el docente, donde éste no interviene emitiendo sus teorías, conceptos, leyes, simplemente se convierte en un guía que orienta y que permite que aflore el aprendizaje significativo; que es el principal objetivo de un currículo adecuado.

La Investigación Orientada puede entenderse como una técnica más que un método de enseñanza, basada en tendencias constructivistas que buscan la resolución de problemas y un cambio de las concepciones alternativas fundamentada en un proceso de enseñanza aprendizaje, que pretende dar solución a problemas de formación y construcción de juicios de valor como la estructuración del conocimiento, el desarrollo de estrategias de razonamiento del estudiante, logrando cambios procedimentales que modifican así la actitud científica. Se espera que el estudiante después de alcanzar este punto sea capaz de reconocer sus concepciones alternativas, de establecer comparaciones con el nuevo saber; se pretende también que el estudiante genere hipótesis, las contraste, las comprenda y las utilice en las explicaciones de nuevas situaciones problema.

1.3 COMPONENTE DISCIPLINAR

Muchas reacciones químicas importantes involucran a la oxidación y la reducción. Durante la fotosíntesis, se almacena la energía del sol en las plantas mediante la conversión de dióxido de carbono y el agua en azúcar, esta es una reacción muy importante de oxidación–reducción. En los seres humanos, la oxidación de los azúcares, grasas y proteínas proporciona la energía necesaria para la vida. Las reacciones de combustión, proporcionan mucha de la energía para alimentar nuestra civilización, también implica la oxidación y reducción.

El efecto interno en la estructura electrónica de los átomos es que tanto en la oxidación como en la reducción tiene lugar un cambio en el estado de valencia. En muchas reacciones químicas en que no interviene el oxígeno el efecto es el mismo, es decir, hay oxidaciones y reducciones, por lo que se hace necesario buscar que hay en común en todos estos fenómenos, teniendo en cuenta el carácter electrónico de los átomos.

1.3.1. Importancia del tema de oxidación y reducción

Las reacciones de *oxidación y reducción* son consideradas como reacciones de generación de electrones. A esta generación de electrones se le llama proceso de transferencia de carga. Este tipo de reacciones forman y son parte del entorno en el que se vive todos los días. Se pueden encontrar ejemplos de reacciones de oxidación desde la combustión de productos fósiles hasta la acción de los blanqueadores de ropa domésticos, pasando inclusive por el proceso de envejecimiento de los seres humanos. Muchos de los materiales metálicos y no metálicos se obtienen a partir de sus minerales por procesos de oxidación.

El medio que nos rodea se ha convertido en el lugar donde ocurren gran cantidad de reacciones químicas que conllevan a cambios o transformaciones de la materia; esto es producto de la reorganización de sus moléculas internas, las cuales, formadas por átomos de elementos han sufrido variaciones electrónicas. La corrosión de un material metálico, la respiración, la combustión de combustibles, el envejecimiento de las células corporales, el oscurecimiento de una fruta, la acción de blanqueadores domésticos, son ejemplos de reacciones de oxidación (Chang, 2002).

En lo que respecta a los compuestos inorgánicos a las especies que originan las reacciones de oxidación se les llama *agentes reductores*. Al ceder electrones esta sustancia se oxida. Muchas reacciones *de oxidación* se llevan a cabo en un medio acuoso, sin embargo, esto no implica que todas las reacciones sucedan en la presencia del agua.

Las reacciones de oxidación que se dan en las sustancias van acompañadas de reacciones simultáneas de reducción, proceso opuesto al de la oxidación y que se entiende como la ganancia de electrones; históricamente se entendía como la pérdida de oxígeno molecular de las sustancias

y la posible ganancia de átomos de hidrógenos. Estos dos conceptos son los principios de las reacciones rédox, caracterizadas por la transferencia de electrones (Latimer (1938), citado por Jensen, 2009).

Combustión

Cuando se habla de combustión, químicamente se establece que es una reacción entendida como la combinación de los elementos con oxígeno, por ello se creía que este proceso implicaba solamente la ganancia de oxígeno y la posible pérdida de hidrógeno; fueron los estudios electroquímicos los que cambian esa visión. En los procesos de combustión se observan reacciones entre sustancias comburentes y combustibles que inician reacciones en cadena gracias a la chispa de activación (Chang, 2002).

La fermentación de la cebada, la corrosión de un metal, la putrefacción de la materia, la respiración, son procesos de oxidación lenta, pero cuándo se genera llama, se dice que es combustión y, químicamente, se sabe que es una oxidación rápida.

Corrosión

Es el proceso por el cual se deterioran los metales, siendo este el resultado de procesos electroquímicos que traen grandes pérdidas económicas por daños en barcos, edificios, carros, casas, puentes, por ejemplo. El proceso se explica químicamente desde las reacciones óxido-reducción de los metales. Un caso común es el del hierro metálico (FeO), el cual en presencia de oxígeno (disuelto en agua y presente en el aire) se oxida a Fe^{+2} , transfiriendo sus electrones al oxígeno por su alta reactividad, el cual se combina con H^+ para producir agua.

Para evitar la corrosión se utilizan sustancias como pinturas que recubren el metal, se acostumbra a usar óxidos del mismo metal para recubrirlos como el caso del óxido de aluminio (insoluble en agua); otros, como el cobre, forman sales de carbonato de cobre que protegen de la corrosión al metal, la plata se cubre con sulfuro de plata; otra técnica es utilizar aleaciones con otros materiales como por ejemplo el acero inoxidable, que está constituido por hierro, carbono y cromo; en él se forma una capa de óxido de cromo en su superficie, que atrae con gran afinidad el oxígeno del ambiente formando una capa pasivadora que evita la corrosión (Chang, 2002).

La respiración

El oxígeno es un agente oxidante que permite la oxidación de los nutrientes en el cuerpo de los seres vivos. Los organismos aeróbicos requieren del oxígeno para oxidar y liberar la energía contenida en los alimentos consumidos. A nivel celular, estas reacciones de óxido reducción ocurren en tres fases glucólisis, Ciclo de Krebs y transporte de electrones; produciéndose en la primera fase combustiones internas lentas que oxidan la glucosa y los ácidos grasos a ácido pirúvico; contrariamente el oxígeno se reduce a agua y el NAD a NADH; finalmente, la energía liberada es almacenada en moléculas de ATP.

El envejecimiento

El oxígeno es un átomo muy electronegativo y presenta tendencia a ser un agente oxidante. Se reduce fácilmente provocando la formación de radicales libres. Estas sustancias nocivas producen la oxidación del colágeno y la elastina presentes en la piel y dentro del cuerpo, es capaz de dañar células constituyentes de los tejidos, transformando algunos en quebradizos, resacos, arrugados, inflexibles y/o débiles. Lo anterior facilita el ataque de agentes patógenos como virus, bacterias, protozoos y hongos, teniendo tiempos de recuperación más lentos que una célula bien hidratada y flexible. La recomendación adecuada es el consumo de alimentos ricos en antioxidantes; sustancias naturales que estabilizan los radicales libres cediéndole los electrones perdidos (reduciéndolos) por causa del oxígeno, entre ellas están, los minerales, la vitamina C, la vitamina E y los flavonoides, moléculas ricas en electrones capaces de neutralizar los radicales.

Oxidación de vegetales y frutas

Un fenómeno que se observa en nuestro entorno es el daño físico que tienen ciertos vegetales y frutas al ser expuestos al contacto con el aire. Los vegetales y frutas tienen enzimas entre las que se destacan la polifenoloxidasas, que se encarga de catalizar la oxidación de los polifenoles o flavonoides de los vegetales a quinonas y que son responsables del color marrón o pardo del banano, la manzana, la pera, las papas, champiñones o del envejecimiento de las verduras. Un vegetal sano, sin pelar o rasgar tiene, en compartimientos celulares separados, la polifenoloxidasas (dentro de los cloroplastos) de los polifenoles (presentes dentro de las vacuolas); al estar en contacto con oxígeno del aire, el polifenol se oxida y se reduce el oxígeno a molécula de agua, gracias a las enzimas liberadas durante el corte.

La Fotosíntesis

Una reacción química es un cambio energético que transfiere electrones hacia la formación de nuevos enlaces en la reestructuración atómica que se realiza. Las reacciones de óxido – reducción tienen la propiedad de producir o tomar energía del medio en que se desarrolla gracias a los electrones perdidos o ganados por átomos o moléculas. La fotosíntesis es un proceso químico utilizado por las plantas donde se toma energía lumínica para obtener energía química y obtener sustancias como carbohidratos, ácidos grasos y aminoácidos necesarios para su desarrollo. Ocurre en dos fase una denominada fotofosforilación y la otra conocida como Ciclo de Calvin.

En la fotofosforilación, la fotosíntesis se considera una reacción de óxido–reducción ya que la energía capturada por los pigmentos produce la excitación y liberación de electrones de la clorofila

1.3.2. Un acercamiento al desarrollo histórico de los conceptos de oxidación y reducción

La oxidación es entendida por los estudiantes como el “intercambio o ganancia de oxígeno del aire y la reducción es entendida como su eliminación” (*definición de Kuhn (1971) citado por Bueso et al., (1988)*). Es importante que el estudiante logre comprender el fenómeno de la oxidación como un proceso de intercambio electrónico entre especies químicas y/o de formación de iones en estados intermedios, con lo que se reestructurarían las ideas simplistas que tienen.

Para entender mejor los conocimientos disciplinarios es importante reconocer sus orígenes. La revisión epistemológica que se presenta a continuación parte de la reseña “Breve Historia de la Química” que realiza Isaac Asimov (2006); se retoman de ella los apartes históricos relacionados con el desarrollo de la oxidación, combustión y electroquímica. La evolución de conceptos relacionados con la oxidación deja ver las aproximaciones de los investigadores a la aplicación de imágenes en la etapa pre–científica en esta etapa; se hacía uso de objetos sensibles y no sensibles para reflexionar e imaginar las observaciones de la naturaleza y las reacciones más cercanas y rigurosas al conocimiento de la ciencia y la técnica.

Se puede decir que el manejo de temáticas relacionadas con la oxidación se inicia con el descubrimiento del fuego en la época prehistórica, cuándo probablemente se dedujo que la

combustión no se efectuaba sin aire, convirtiéndose en parte importante de la experiencia práctica en esa época. En esos momentos se observaron los cambios en la naturaleza y se consideraron sus alteraciones; así, un rayo podía incendiar un bosque y reducirlo a cenizas y restos pulverizados que en nada recordaban a los árboles que había antes en el mismo lugar.

Antoine Laurent de Lavoisier, en 1772, demostró la importancia del oxígeno en la naturaleza; identificó procesos de oxidación lenta o rápida, planteó la necesidad de oxígeno en el aire para que se dé la combustión, dedujo que los cuerpos no arden sin oxígeno y que el carbón calentado a altas temperaturas no ardía sino estaba en contacto con el oxígeno; estudió también procesos muy válidos como la respiración, estableciendo que la vida se mantenía de forma similar que la combustión y trató de medir las cantidades del oxígeno inhalado y el dióxido expirado por animales con resultados muy desanimadores, ya que no eran consistentes.

Lavoisier se interesó principalmente en los procesos de combustión, quemó metales en sistemas bien cerrados y pesados y encontró que, si la teoría del flogisto era cierta, el material utilizado debería pesar más; sin embargo, halló que pesaba igual, con lo que planteó que, primero, no existe el flogisto y segundo, hay algo en el aire que se combina con el metal y lo hace ganar peso; pero para entonces el oxígeno no había sido descubierto, aunque se presumía su existencia en el aire.

Posteriormente, Joseph Priestley, en 1774, creyente de la teoría del flogisto, encuentra un gas que recogió sobre mercurio; observó la formación de un calcinado de color rojo (óxido de mercurio), el cual expuso a los rayos de luz con lupas y observó que liberaba un gas. Este gas lo asoció con aire desflogisticado ya que los cuerpos ardían mejor ante él; una astilla de madera también mostraba el mismo comportamiento. Observó además, que en ese gas se podía respirar. Posteriormente este gas fue nombrado por Antonie Lavoisier como “Oxígeno” que significa “productor de ácidos”.

Lavoisier consideraba erróneamente que el oxígeno estaría presente en todos los ácidos y que está presente en el aire. El aire dejó de concebirse como un elemento simple para considerarse como una mezcla gaseosa con un quinto de oxígeno.

Para Lavoisier los elementos podían tener diferentes grados de oxidación; por ejemplo, el ácido sulfúrico y sulfuroso. De la misma manera, Berzelius argumentó que los elementos pueden formar varias clases de óxidos y estos a su vez pueden combinarse para formar compuestos más complejos como las sales, cada una de las cuales proviene de una serie de óxidos específicos. Por otro lado, las sales formadas podían reaccionar entre sí y dar nuevas sales y sustancias que se diferenciarían por el grado de oxidación o de reducción que presentarían de acuerdo con sus características, (Jensen, 2009).

Fue Davy, entre otros, quien determinó que los hidrácidos y las sales de haluros carecen de oxígeno. En 1884, es Pattison Muir indicó que el término “oxidación” se podía ampliar. En la actualidad la óxido–reducción se trabaja para explicar transformaciones químicas por pérdida–ganancia de electrones. Posteriormente, con estudios alcanzados en electroquímica, se asociaron estos procesos con la formación y el comportamiento de los iones. En 1893 Wilhelm Ostwald, Talbot y Blanchard 1907 adoptaron la expresión “estados de oxidación” y relacionaron estos fenómenos con la adición y sustracción de cargas positivas o negativas a un átomo o compuesto (según Jensen 2009).

Caven Lander, hacia 1907, explicó que la oxidación lleva consigo un aumento en la valencia y en 1918, Hildebrand explicó que, en la oxidación, la valencia es más positiva y menos negativa, caso contrario para la reducción; utilizó el término “número de valencia” en lugar de estado de oxidación. Fry (1915) finalizó los estudios estableciendo que la valencia positiva se da por la pérdida de electrones y que la reducción (valencia menor o negativa) por la ganancia de estos (Jensen, 2009).

1.3.3. El tema oxidación y reducción en algunos textos de Química básica

Se ha incluido una breve reseña del tratamiento del tema en los textos de Química básica, que permite mostrar algunos aspectos que se considera pueden ser indicativos de la forma en la que habitualmente se enseña el tema de oxidación–reducción a nivel introductorio. Los textos, como una de las fuentes importantes en las que se halla documentado el conocimiento científico que llega a las aulas, son un material cuyo análisis permite ampliar la visión existente acerca de la enseñanza de un tema particular. Es importante aclarar aquí que los libros destinados a educación secundaria están incorporando este tema en los últimos años, razón por la cual, el análisis que

aquí se presenta se refiere a libros usados en las primeras asignaturas básicas de la Universidad. Los textos elegidos son cuatro (**Tabla 3**). El criterio de selección seguido es que son los que pueden utilizar los estudiantes en la asignatura básica de Química.

Tabla 3. Textos de Química básica analizados

	Título	Autores	Año	Editorial
Texto 1	Química General	Whitten, Davis y Peck	1997	Mc Graw Hill
Texto 2	Química	Chang	2001	Mc Graw Hill
Texto 3	Química: conceptos y aplicaciones	Philips	2007	Mc Graw Hill
Texto 4	Química: La ciencia central	Brown, Le May y Bursten	1998	Prentice Hall

Se analiza primero en qué parte del texto aparecen algunos conceptos que se consideran relevantes para la introducción del tema de oxidación–reducción y donde se desarrolla el tema en cuestión. A continuación, se considera de qué manera se desarrollan esos conceptos relevantes, apuntando fundamentalmente a conocer cómo se integran en el tratamiento del tema oxidación–reducción.

Los conceptos relevantes que se han considerado son: la oxidación y reducción como un proceso de transferencia de electrones (perdida/ganancia de electrones) y número de oxidación. Por último, se analiza concretamente la secuencia de presentación del tema de oxidación–reducción y se tiene en cuenta si incluye referencias a las dificultades de enseñanza (concepciones alternativas).

Los contenidos más conflictivos.

- a) Además de los ya comentados sobre estequiometría, muchos de ellos se relacionan con posibles confusiones al diferenciar el proceso y las sustancias o especies químicas que lo sufren, y por tanto a la hora de emplear términos como reducción, reductor, oxidación, oxidante...etc.
- b) Otra confusión frecuente consiste en considerar que el número de oxidación que se atribuye a los iones monoatómicos es la valencia de ese elemento y que además esos supuestos iones existen realmente en los procesos en los que aparecen. Debe insistirse en que los iones escritos al ajustar ecuaciones rédox no siempre existen y que se escriben sólo como resultado de la aplicación de unas reglas para ajustar ecuaciones, pero nada más.
- c) También se presentan dificultades para identificar las especies químicas que experimentan cambios en los números de oxidación, especialmente cuando algunas de ellas son iones poliatómicos, como ocurre en los ajustes por el método del ion–electrón.

En la **Figura 6**, se presenta un resumen comparativo de los cuatro textos.

	LIBRO	
Modelo del electrón	✓	1
	✓	2
	✓	3
	✓	4
Modelo del oxígeno	◆	1
	★	2
	★	3
	★	4
Modelo del hidrógeno		1
		2
		3
		4
Modelo del número de oxidación	✓	1
	✓	2
	✓	3
	✓	4
Representación alternativa	★	1
	★	2
	★	3
	★	4

Q. Inorgánica
Q. Orgánica

No incluido

Incluido raramente ★

Incluido un número de veces ◆

Incluido muchas veces ✓

1 Whitten *et al.* 1997

2 Chang, 2001

3 Philips *et al.*, 2007

4 Brown, 1998

Figura 6. Modelos de *Oxidación–Reducción* y otras representaciones utilizados para explicar las reacciones rédox en los libros de texto dentro de las distintas áreas temáticas, así como una estimación de la cantidad de su uso.

Si bien este análisis apunta a mostrar el tratamiento del tema que hacen los libros de texto, se aprovecha también para profundizar en algunos puntos que sirvieran para pensar en el desarrollo de la propuesta didáctica. A continuación, se describe lo hallado para cada uno de los textos analizados.

En este análisis, consistió en relación a: títulos, el texto del cuerpo y el resumen de las explicaciones objetivas de las reacciones *oxidación* y *reducción*. Estos textos podrían clasificarse

en dos áreas temáticas: química inorgánica y química orgánica. Se observó que gran parte de la química inorgánica y orgánica, describen y explican las reacciones de *oxidación-reducción* como reacciones espontáneas. Por eso se consideró limitar el material enfocado a las reacciones de oxidación y reducción espontánea en estas dos áreas temáticas – es decir, no se consideró a la electroquímica. Otra razón para excluir la electroquímica es que se introducen otros conceptos para explicar la oxidación y la reducción, por ejemplo, la fem (fuerza electromotriz).

Las definiciones de Ringnes (1995) se utilizaron para la clasificación de los modelos utilizados en el texto. Para enmarcar todas las representaciones de la *oxidación y reducción*, la categoría "*representaciones alternativas*" se utilizaron para explicar la oxidación y reducción de forma diferente a las definiciones dadas por Ringnes (1995). El análisis también se ocupó de las respuestas de los autores a las dificultades de aprendizaje relacionadas con la *oxidación y reducción* identificados en la literatura.

El análisis se llevó a cabo en dos pasos. En el primer paso, se revisó todo el texto, donde se describen la *oxidación y reducción* o rédox –se identificó– independientemente de si se utilizan o no estos conceptos. En el segundo paso del análisis, sobre la base de Ringnes (1995), fueron identificadas las partes de texto donde se utilizaron los modelos de *oxidación y reducción*. Se formaron cuatro categorías de uso del modelo.

De las dificultades de aprendizaje identificados en la literatura, se seleccionaron tres dificultades: la oxidación y reducción como reacciones mutuas, identificación de agentes oxidantes y reductores y aquellas donde el oxígeno participa en todas las reacciones rédox. Los libros de texto se seleccionaron para mostrar de qué manera los autores explican estos temas. Los resultados muestran que las reacciones rédox se describen con gran detalle en la química inorgánica, tanto en los libros de texto de nivel medio superior como del nivel universitario.

Las reacciones rédox se describen en otras áreas, así, como la orgánica y bioquímica, pero en menor medida. Sin embargo, las reacciones rédox también se utilizan con frecuencia para ilustrar otros fenómenos químicos rédox; por ejemplo, equilibrio de reacciones y en termodinámica. Están representados en los libros de texto todos los modelos rédox, sin embargo., los autores utilizan principalmente el modelo de número de electrones y la oxidación en química

inorgánica; el modelo de oxígeno y de hidrógeno en la química orgánica; y más a menudo el modelo de hidrógeno y "representaciones alternativas" en la bioquímica.

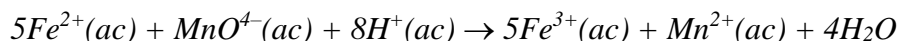
1.3.4. Problemas específicos relacionados con la enseñanza y aprendizaje de la oxidación y reducción

Esta sección proporcionará una idea de las dificultades de enseñanza y aprendizaje relacionadas el tema de oxidación y de reducción. Cómo enseñar el tema de oxidación y reducción ha sido un tema de debate durante mucho tiempo entre los profesores de química. En la década de 1940, se discutió cual era el modelo de oxidación y reducción más adecuado para su enseñanza. VanderWerf, Davidson y Sisler (1945) apoyan el uso del modelo de *número de oxidación* sobre el *modelo del electrón* establecido y generalmente aceptado, ya que el primero incluye la transferencia completa de electrones y también la transferencia parcial de electrones. El *modelo del número de oxidación* facilita el equilibrio de las reacciones redox independientemente de la transferencia total o parcial de electrones. Davies (1991) explica que los modelos redox establecidos son incompatibles (**Tabla 4**).

Tabla 4. Los modelos de oxidación y reducción de acuerdo a Ringnes (1995)

Modelo	Reducción	Oxidación
1. Oxígeno	Perdida de oxígeno	Ganancia de oxígeno
2. Hidrógeno	Ganancia de hidrógeno	Perdida de hidrógeno
3. Transferencia de electrones	Ganancia de electrones	Perdida de electrones
4. Número de oxidación	Disminución del número de oxidación	Aumento del número de oxidación

En el contexto educativo, una aplicación mecánica de los modelos puede dar lugar a confusión. Se ilustra la incompatibilidad con el siguiente ejemplo:



Si se considera sólo el ion hidrógeno (H^{+}) en la reacción, de acuerdo con el *modelo de oxígeno*, una oxidación se ha producido mediante la obtención de oxígeno y la formación de una molécula de agua. Según el *modelo de electrones*, los iones de hidrógeno se han reducido por la "toma" de electrones de los iones del óxido, y también se forma una molécula de agua. Ni la oxidación ni reducción han tenido lugar de acuerdo con el modelo de número de oxidación. El número de oxidación es +1, tanto al inicio como al final de la reacción. Davies (1991) señala

además que para el profesor es fácil “subestimar” la confusión que puede crearse cuando se utilizan diferentes modelos para la explicación científica, especialmente si los estudiantes no cuentan con una comprensión completa de la utilización de los modelos de oxidación y reducción.

La literatura científica muestra que los docentes perciben a la oxidación y reducción como uno de los temas más difíciles de enseñar. Según de Jong et al. (1995), los profesores tienen dificultades para lograr que los estudiantes adopten el modelo de electrones en lugar del modelo de oxígeno. Los estudiantes consideran que el modelo de electrones es superfluo, ya que el modelo de oxígeno indica por sí mismo del producto en la reacción dada. Ringnes (1995), informa de que la mayoría de los estudiantes definen una oxidación como una pérdida de electrones, mientras que pocos son capaces de demostrar la transferencia de electrones en las ecuaciones químicas.

En un estudio realizado por Garnett y Treagust (1992), se pidió a los alumnos que explicaran, de una serie de ecuaciones inorgánicas, cuales representaban reacciones de oxidación-reducción. Muchos estudiantes señalaron que se trataba de una reacción rédox si se tenía la presencia del oxígeno en la reacción. Schmidt (1997) informa que los estudiantes identifican la oxidación como una adición de oxígeno, y la reducción como la eliminación de oxígeno y sugieren que esto podría ser debido a la sílaba "ox" en la palabra *rédox*.

El uso y comprensión del modelo de *número de oxidación* por parte de los estudiantes se ha investigado (De Jong et al., 1995; de Jong y Treagust, 2002; Garnett y Treagust, 1992). Garnett y Treagust (1992) muestran que los estudiantes creen que los números de oxidación pueden ser asignados por los cambios en las cargas de las especies poliatómicas en lugar de los cambios en los números de oxidación de los átomos individuales. De Jong et al. (1995) sostienen que los estudiantes asignan números de oxidación de acuerdo con las cargas de los iones.

De Jong y Treagust (2002) resumen que los estudiantes describen el número de oxidación como "el número de sustancias oxidadas" y "cuántas veces una sustancia puede ser oxidada". Ringnes (1995), por otro lado, muestra que la mayoría de los estudiantes podrían escribir una ecuación rédox aceptable y explicar qué sustancia se oxida mediante la asignación del número de

oxidación. Soudani *et al.*, (2000) explican que los estudiantes universitarios relacionan las palabras oxidación y reducción con la transferencia de electrones.

1.3.4.1. Concepciones alternativas respecto a las reacciones de oxidación y reducción

A lo largo de investigaciones acerca del aprendizaje de las ciencias han demostrado que los alumnos sin importar el nivel académico en el que se encuentran, han tenido procesos cognitivos previos con los cuales han formado conceptos propios sobre la ciencia y el conocimiento científico, este proceso cognitivo puede deberse a experiencias cotidianas, creencias populares, conocimientos de instituciones anteriores o a un simple descubrimiento casual o experimental que los lleva a formar sus propias ideas de dicho tema: debido a este conocimiento y basados en su aprendizaje significativo, los ha llevado a crear sus propias concepciones inadecuadas acerca del conocimiento científico (Campanario *et al.*, 2000).

Todo lo anterior influye en la creación de las concepciones alternativas, “*son construcciones que los sujetos elaboran para dar respuesta a su necesidad de interpretar fenómenos naturales*” y aunque estas puedan ser ideas equivocadas, se convierten en un rápido esquema mental (Wen *et al.*, 2007) que para cada persona explica y resuelve un problema que luego entra en conflicto con lo que la ciencia acepta.

El que un docente pueda modificar estas ideas previas que podrían tener los estudiantes es un paso fundamental para el proceso de enseñanza–aprendizaje, donde no solo aprende el alumno sino también el docente, porque es él quien primero debe averiguar cómo es en realidad el concepto para después introducirlo en un lenguaje educativo entendible para el estudiante y con este procedimiento también se entera de situaciones que quizás no conocía sobre determinado tema (Furió y Domínguez, 2007).

El tema se ha abordado en cursos anteriores, por lo que la mayoría del alumnado tendrá una idea de la oxidación asociada con la ganancia de oxígeno o con la reacción de una sustancia con el oxígeno, pero tal vez no con una cesión de electrones. Quizás sepan que las reacciones de combustión son un ejemplo, no el único, de reacciones de oxidación. Partiendo de unas primeras concepciones que asocian la oxidación con el deterioro de los objetos, lo habitual es que al llegar

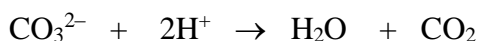
a este curso las ideas del alumnado sobre la oxidación sean del tipo de las comentadas antes, como una reacción con el oxígeno (Bueso *et al*, 1987).

En el desarrollo histórico del concepto de oxidación y reducción, la definición de la transferencia de oxígeno en las clases de nivel secundaria y el posterior cambio como transferencia de electrones en las clases de bachillerato en cuanto se explica el tema de la estructura atómica. Después de la introducción de la definición de oxígeno, existe la creencia de que el oxígeno tiene que estar implicado en todas las reacciones de oxidación y reducción. La razón de esto es, en primer lugar, por el prefijo “ox”, que semánticamente está fuertemente asociado con el nombre de oxígeno (*oxygenium*, óxido), y con las reacciones de combustión en el aire o el oxígeno que se explican en los cursos anteriores de química.

Schmidt (2003) describe sus estudios con estudiantes, quienes tenían que identificar cuales reacciones pertenecían a reacciones rédox: la reacción de ácido clorhídrico diluido con (a) magnesio, (b) óxido de magnesio; (c) hidróxido de magnesio. Sabemos por supuesto que (a) corresponde a una reacción rédox, mientras que (b) y (c) a reacciones ácido–base: en (b) los iones $\text{H}_3\text{O}^+(\text{ac})$ reaccionan con los iones O^{2-} y en (c) los iones $\text{H}_3\text{O}^+(\text{ac})$ reaccionan con iones del hidróxido OH^- .

Aproximadamente la mitad de los estudiantes de los cursos de nivel superior y un tercio de los cursos básicos eligieron la respuesta correcta. Los estudiantes mantienen la idea relacionada con la presencia de oxígeno y dieron explicaciones como: “(b) y (c) contienen oxígeno, que es absolutamente necesario para las reacciones rédox; el oxígeno es necesario para todas las reacciones rédox, por lo que (a) no puede ser una reacción rédox; (b) y (c) son reacciones rédox porque en ambos casos el oxígeno y la transferencia de electrones se lleva a cabo”. Además, Schmidt (1997) cita el comentario de este estudiante: “La oxidación significa: una reacción en la que participa el oxígeno. El “óxido” final muestra que (b), así como (c) son reacciones rédox”.

El concepto de oxígeno parece tan fuerte que Schmidt (2003) cuenta esta historia acerca de una reacción ácido–base típica: " Garnett y Treagust, en 1992, preguntó a los estudiantes de preparatoria si la siguiente ecuación representa una reacción rédox:



Todos los estudiantes que respondieron de manera correcta utilizaron el método del número de oxidación. Los que respondieron incorrectamente tenían dos razones: asumen que el ion carbonato había donado el oxígeno para formar dióxido de carbono y, por lo tanto, se había reducido. El otro era la asignación del número de oxidación de especies poliatómicas mediante el uso de su carga. Para el CO_3^{2-} se le asignó el número de oxidación de -2 , y para el CO_2 el número de oxidación de 0 . Por consiguiente, $\text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{CO}_2$ fue identificada como una oxidación. De una manera similar, la reacción $\text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ se identificó como una reducción: los iones hidronio deben haber ganado electrones en la transformación de hidronio en moléculas de agua, y por lo tanto se han reducido.

Sumfleth, 1992, (citado por García y col., 2015) solicitó a los estudiantes proporcionar una explicación con respecto a la reacción popular de un clavo de hierro en disolución de sulfato de cobre. Se registraron las respuestas incorrectas, lo que podría derivarse de sus concepciones alternativas, así como de los conocimientos previos. Los estudiantes describen la formación de una capa de color rojiza y se sedimentan partículas, estas se agregan al clavo y por lo tanto hay pérdida del color del material en el clavo de hierro o lo comparan como cuando un trozo de madera se coloca en un medio de contraste y, a continuación, se seca ".

Por supuesto estas explicaciones se basan en observaciones cotidianas. La mitad de los estudiantes mencionan que se debe a "una atracción entre las sustancias", otros estudiantes mencionan la existencia de una propiedad de magnetismo, probablemente debido al clavo de hierro. Estos estudiantes, sin embargo, sólo describen sus observaciones con palabras, no se les puede amonestar por sus ideas preliminares.

Incluso en las clases de preparatoria, estas discusiones se mantienen –simplemente están expresadas con una terminología especializada: “*se deposita más cobre sobre su superficie a partir de sulfato; este se reduce; y que los átomos de cobre atraen electrones; el clavo de hierro puede absorber iones de la solución*” Schmidt (1997). Estas declaraciones demuestran que la terminología se puede aprender de manera coloquial y que los estudiantes sienten la necesidad de usarlos. Sin embargo, parece como si se intercalan coincidentemente con el fin de dar la apariencia de algún tipo de formación científica.

Otras pruebas de Sumfleth y Stachelscheid (citados en García y col., 2015) con pruebas de opción múltiple; encontraron los mismos conceptos erróneos. Lo interesante fue la frecuencia con que se dan los términos individuales y explicaciones que lo correlacionan. Un tercio de los encuestados explica la reacción redox en términos puramente tautológicos: *“una reacción redox es una adición de reducción y oxidación; consiste en una oxidación y una reducción”*.

En la prueba de asociación, el término oxidación se utilizó mucho más a menudo (58%) que la reducción (43%) o la reacción redox (41%) y se asoció con el oxígeno. En relación con la combustión, los estudiantes también mencionan la oxidación (21%) mucho más a menudo que la reducción de (3%) o la reacción redox (5%). Una vez más, los términos agentes oxidantes y agentes reductores se explican principalmente tautológicamente (15% de los estudiantes). Sólo el 6% de los estudiantes informan que los agentes oxidantes ganan electrones y que ellos mismos se reducen y viceversa.

Muchas otras referencias muestran conceptos erróneos en el área de las reacciones redox, especialmente con la interpretación del voltaje y la corriente eléctrica en la electrólisis o células galvánicas. Por lo tanto, Marohn investigó los modelos mentales que los estudiantes desarrollan en el tema de celdas galvánicas. Además, Garnett y Treagust descubrieron dificultades conceptuales en el área de los circuitos eléctricos y celdas electrolíticas (Garnett, 1992), lo mismo con Ogude y Bradley (1996) trabajando en con electrodos, Sanger y Greenbowe (1997) investigan los conceptos erróneos de los estudiantes, en electroquímica, así como de la corriente de flujo en soluciones electrolíticas y el puente salino (Sanger y col, 1997).

Sin embargo, estos temas son tan difíciles de entender que las concepciones alternativas no pueden evitarse –especialmente en relación con la naturaleza de los electrones como ondas y partículas, en relación con los campos electromagnéticos y sus fuerzas. Por lo tanto, el énfasis puesto es considerar los distintos modelos persistentes para interpretar las reacciones redox y para discutir los experimentos comunes que los estudiantes puedan ellos mismos realizar.

De particular interés para este estudio es la comprensión de las reacciones de oxidación y reducción por parte de los estudiantes. Los estudios han demostrado que los estudiantes encuentran que el estudio de la oxidación y reducción es un tema muy difícil (Butts y Smith, 1987; Johnstone y Leftan, 1988).

Esto es especialmente cierto para los estudiantes de nivel superior a quienes se les pueden enseñar varios modelos en diferentes cursos, pero no pueden realizar las conexiones a través de diferentes conceptos de oxidación–reducción que se imparten en cada curso (Österlund *et al.*, 2010). Muchos estudios han identificado las concepciones alternativas (**Tabla 5**) que los alumnos atribuyen a las reacciones de oxidación–reducción (Allsop y George, 1982; De Jong *et al.*, 1995; Garnett y Treagust, 1992; Ringness, 1995; Schmidt y Volke, 2003; Österlund, 2010; Österlund y Ekborg, 2009). A continuación, un resumen de ellos:

Tabla 5. Concepciones alternativas sobre oxidación y reducción

Concepción alternativa	Nivel	Referencia
La corrosión implica la oxidación, pero no la reducción.	Secundaria	Goh, and Chia, 1993
Un elemento en una reacción rédox no puede ser oxidado y a la vez reducido.	Secundaria	Andersson,1986
En la reducción se desprende gas de hidrógeno en forma de calor	Bachillerato	Barral, Fernandez, y Otero (1992)
Las reacciones de oxidación y reducción como reacciones de combinación	Secundaria	Allsop and George (1982)
Si hay presencia de oxígeno es siempre la oxidación y la eliminación de oxígeno es siempre la reducción. El oxígeno es un pre–requisito para una reacción rédox	Secundaria	Garnett and Treagust (1992), Schmidt (1997)
Las reacciones de oxidación y reducción ocurren independientemente	Bachillerato	Garnett and Treagust (1992), De Jong y Treagust (2002)
El concepto de número de oxidación lo confunden con la valencia	secundaria	De Jong, Acampo, y Verdonk (1995)
Dificultades con el significado y la asignación de los números de oxidación	Secundaria	De Jong y Treagust (2002)
La combustión es un cambio de estado de la materia sólida o líquida a gaseosa.	Bachillerato	Schmidt (1997)
Una reacción puede ser tanto de oxidación (debido a que incluye oxígeno) y reducción (debido a que un electrón es donado)	Bachillerato	Schmidt (1997)
el peso de los metales sigue siendo el mismo después de la combustión, ignorando el papel del oxígeno	Preparatoria	Chang, Lee y Yen (2010),
Los clavos de hierro poseen una propiedad magnética lo cual atrae a los átomos de cobre		Barke y col., 2009
Los estudiantes confunden el número de oxidación con la valencia.	Secundaria	Driver et al., 2000
Pocos estudiantes atribuyen la corrosión a una reacción química, no siempre incluyen al oxígeno y no lo asocian necesariamente con un incremento de masa.	Secundaria	Driver et al., (1992), Ozmen y Ayas (2003)

Según Pozo (Pozo *et al.*, 1990), las ideas previas tienen su origen en tres posibles hechos: los sensoriales, los sociales y los analógicos. En los jóvenes, las explicaciones científicamente

válidas y rigurosas emergen de juicios del sentido común, de consideraciones intuitivas y de lo cotidiano y cobran validez cuantas más pragmáticas son.

Debido a que existen diversos modelos de oxidación–reducción (es decir, modelo de hidrógeno/oxígeno, transferencia electrónica, números de oxidación), algunos autores sostienen que la dificultad se deriva de los diversos modelos e incapacidades de los estudiantes para transitar entre los modelos (Österlund, Berg, and Ekborg, 2010).

1.3.5. La enseñanza de la Química y los tres niveles de representación

La naturaleza compleja del pensamiento Químico requiere concebir el aprendizaje de este campo del conocimiento, como un proceso en el que se integran de manera simultánea tres niveles de pensamiento: macroscópico, microscópico y simbólico. Enseñar Química implica entonces trabajar a estos niveles diferentes sobre los mismos fenómenos, de manera que estén perfectamente conectados unos con otros durante la instrucción, para que el alumno pueda conseguir una adecuada comprensión conceptual. En relación con lo anterior, se debería pensar el aprendizaje en especial en Química, como ocurriendo de manera simultánea en tres niveles de pensamiento (*macroscópico, microscópico y simbólico*), relacionados en la representación que se muestra en la **Figura 7**.

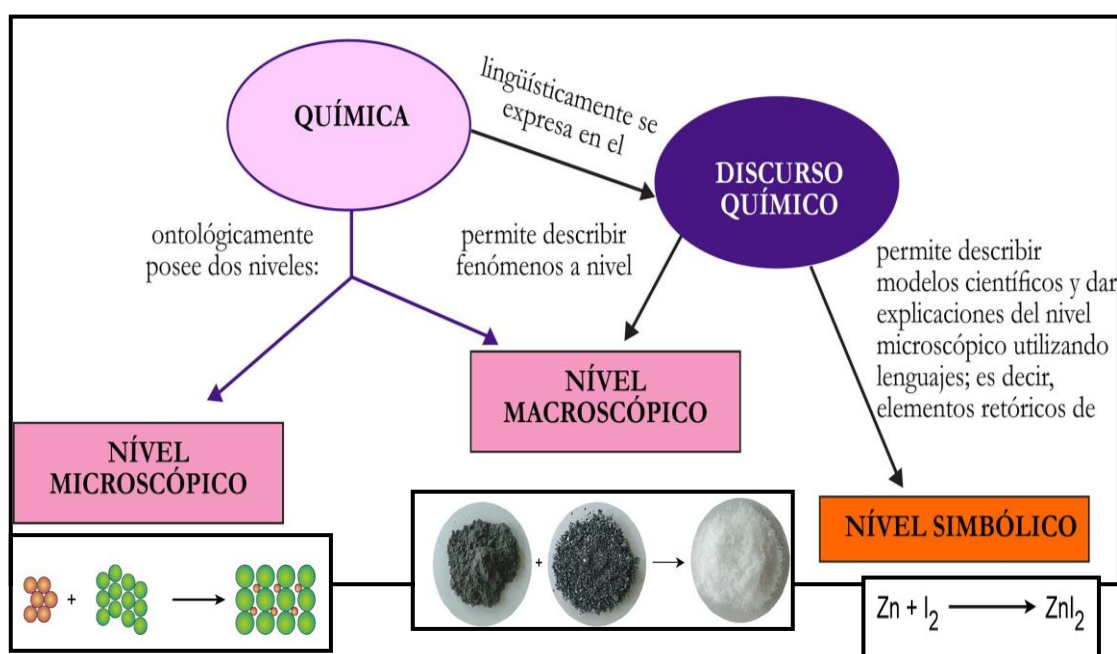


Figura 7. Niveles de representación en Química según Johnstone (1982). Modificado de Galagovsky y Giudice (2015).

El nivel macroscópico corresponde a lo adquirido a partir de la experiencia sensorial directa. Este nivel se construye mediante la información proveniente de nuestros sentidos, basada en propiedades organolépticas, visuales, auditivas y táctiles. El nivel microscópico, según Johnstone (1982), hace referencia a las representaciones abstractas que un individuo tiene en su mente, asociadas, por ejemplo, a esquemas de átomos, moléculas, iones. El tercer nivel, el simbólico, involucra formas de expresar conceptos químicos mediante fórmulas, ecuaciones químicas, expresiones matemáticas, gráficos y otras representaciones.

Johnstone (1982) denomina a los tres niveles de representación con los que trabaja un químico: descriptivo y funcional, de representación y explicativo. En el nivel descriptivo y funcional los químicos manejan, observan y describen propiedades (en términos de color, dureza, etc.) de los materiales como así también las transformaciones de unos materiales en otros, reconocidas a través del cambio en las propiedades. Para explicar que las sustancias químicas se comportan de determinada manera recurren a átomos, moléculas, iones, esto es, al nivel explicativo. La forma de representar esas sustancias y los cambios que ocurren, esto es, las fórmulas químicas y las ecuaciones, constituyen las principales herramientas del nivel de representación.

En cuanto a las dificultades de aprendizaje estudiadas, los autores abordan las dificultades de los alumnos en la percepción de la oxidación y reducción como reacciones mutuas sólo en química inorgánica, declarando explícitamente que la oxidación es una pérdida de electrones y la reducción es una ganancia de electrones. Las otras dificultades de aprendizaje investigados no fueron consideradas en los textos.

1.3.5.1 Los modelos de oxidación y reducción

El uso simultáneo de las definiciones disponibles para la oxidación y la reducción (**Tabla 6**) que se encuentra en materias generales de enseñanza de la química genera confusión entre los estudiantes debido a que las definiciones utilizadas para identificar las reacciones redox dependen del contexto (Schmidt, 2003).

Tabla 6. Definiciones de la IUPAC para las reacciones de oxidación y reducción.

Definición	Oxidación	Reducción
1	Un aumento en el estado de oxidación de cualquier átomo en cualquier sustancia.	Una disminución en el estado de oxidación de cualquier átomo en cualquier sustancia.
2	La eliminación completa de uno o más electrones de una entidad molecular.	La transferencia completa de uno o más electrones a una entidad molecular.
3	Ganancia de oxígeno y/o pérdida de hidrógeno de un sustrato orgánico.	La pérdida de oxígeno y/o ganancia de hidrógeno de un sustrato orgánico.

Definiciones 1 y 2 son las definiciones de los libros de texto más relevantes para explicar el proceso electroquímico. Sin embargo, el modelo de estado de oxidación (definición 1) es un método hipotético que no proporciona información sobre el mecanismo de la reacción, que puede conducir a supuestos incorrectos. En algunos casos, un cambio en el número de oxidación no indica que se ha producido una transferencia de electrones entre los reactivos (Silverstein, 2011).

Debe quedar claro que las definiciones utilizadas para identificar las reacciones redox dependen del contexto. Por ejemplo, la definición 3 se utiliza comúnmente en la química orgánica para identificar las reacciones de oxidación, pero no se aplica para las reacciones que no implican oxígeno o hidrógeno. Además, el modelo de estado de oxidación (definición 1) no proporciona los fundamentos científicos para explicar fenómenos electroquímicos físicamente y no es necesario para comprender los procesos electroquímicos.

La Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC) proporciona múltiples definiciones para los procesos de oxidación y de reducción (**Tabla 6**). Estas definiciones se utilizan para identificar y explicar las reacciones redox en los libros de texto de química. Sin embargo, es importante comprender las consecuencias pedagógicas que pueden surgir si estas definiciones se utilizan indistintamente para explicar una sola reacción redox. Los investigadores han encontrado que una de las fuentes de incomprensión de los estudiantes es la aplicación mecánica de estas definiciones en el estudio de las reacciones redox (Davies, 1991; de Jong, 1995).

1.3.5.2 Modelos rédox y su intervalo de validez

La visión histórica del concepto de oxidación–reducción muestra cómo, en el tiempo, los científicos han interpretado los fenómenos de oxidación–reducción haciendo referencia a modelos diferentes, en analogía con lo que ocurrió con los ácidos y las bases. Vale aquí la pena recordar que un modelo es un instrumento hermenéutico portador de límites y tiene un campo de validez limitado; también es un instrumento de clasificación y, como tal, permite establecer si una determinada transformación química cae dentro de una categoría específica. En la **Tabla 4** se mostraron los cuatro modelos de oxidación–reducción que normalmente se han utilizado, mencionando las respectivas formas verbales (lenguaje natural) y simbólicas (símbolos químicos): ellos tienen campos de validez sólo parcialmente superpuestos y presentan distintas implicaciones a nivel conceptual.

La sucesión de estos cuatro modelos corresponde a una progresiva ampliación del conjunto de las reacciones rédox, que ha llevado a incluir procesos inicialmente no reconocidos como tales (**Figura 8**). El área **A** (y la reacción) representa el campo de validez común al modelo O (*transferencia de oxígeno*) y el modelo H (*transferencia de hidrógeno*). En esta zona se establecen las reacciones rédox entre las moléculas polar y de enlace covalente que se pueden interpretar como uno de los dos modelos o ambos.

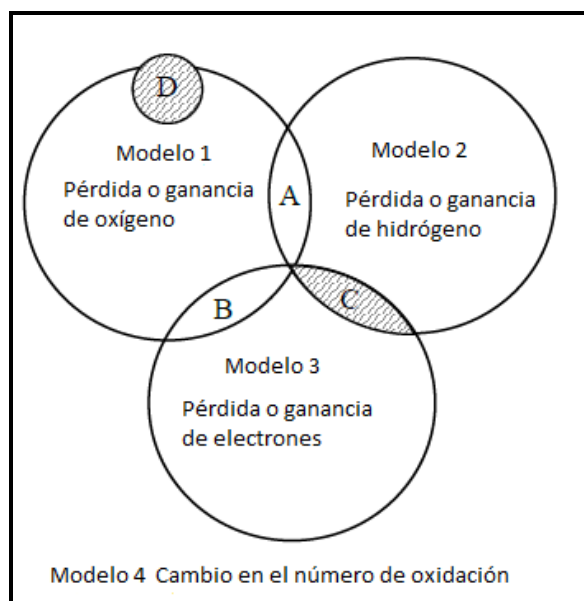


Figura 8. Relación entre los modelos de oxidación y reducción (Davis,1991)

El área **C** (y la reacción) representa el campo de validez común con al modelo **H** y al modelo **E** (*transferencia de electrones*). En esta zona ubicamos las reacciones rédox por transferencia de hidrógeno que también puede ser interpretado con el *modelo de transferencia de electrones* y viceversa. Toda vez que esta zona representa una “anomalía” del modelo **H**. De hecho, de acuerdo con el modelo **H**, la oxidación corresponde a una pérdida de hidrógeno, mientras que la ganancia de hidrógeno representa una reducción. Por otro lado, de acuerdo con el modelo **E**, la ganancia de hidrógeno corresponde a una oxidación y el dihidrógeno desempeña el papel de oxidante y no de reductor, como lo demuestran las siguientes reacciones: $2\text{Li} + \text{H}_2 \rightarrow 2(\text{Li}^+\text{H}^-)$ y $2\text{Na} + \text{H}_2 \rightarrow 2(\text{Na}^+\text{H}^-)$.

Por otra parte, según este modelo siempre la obtención de metales a partir de sus hidruros (pérdida de hidrógeno) corresponde a la reducción de los propios metales. El área **D** se compone de todas las reacciones que pueden ser interpretadas tanto con el modelo **O** (*transferencia de oxígeno*) como con el modelo **E** (*transferencia de electrones*). El área **B** incluye casos especiales del modelo **O** pero que incluye al modelo del número de oxidación (n.o), pero se clasifican de manera diferente según los dos modelos.

Ej., La reacción entre difluoruro y dióxígeno es, de acuerdo con el modelo de **O**, una oxidación. Sin embargo, de acuerdo con el modelo de **NO**, las poderosas propiedades oxidantes del difluoruro de oxígeno son demostradas por el número de oxidación de +2 que adquiere el átomo de oxígeno, lo cual es muy inusual -pues el oxígeno tiende a tener número de oxidación — 2 en los compuestos covalentes— sin embargo en este caso, por la gran electronegatividad del flúor, adquiere un potencial de reducción mucho mayor, haciendo que se convierta en un oxidante mucho más fuerte.

La posición de Sisler y VanderWerf (Sisler, 1980) es radical; ellos refieren que "*La única definición lógicamente coherente de oxidación y reducción es aquella en que el concepto se define en términos de cambio del estado de oxidación. Los estados de oxidación se definen sobre la base de normas reconocidas y ampliamente arbitrarias*". Según estos autores, también las justificaciones dadas a los procedimientos de balanceo de las reacciones rédox son discutibles.

En efecto, no hay ninguna necesidad de imaginar una transferencia de electrones para balancear una reacción de oxidación y reducción, porque "*el fundamento matemático para*

equilibrar las ecuaciones químicas rédox es intrínseco a la regla de los números de oxidación que refiere la suma de los números de oxidación en una molécula o ion debe igualarse a la carga de la molécula o del ion y no depende de la tesis de una equivalencia entre la adquisición y la pérdida de electrones" (Sisler, 1980). Eso parece en línea con lo que refiere Jansen, el cual – citando a Hoffman – observa que *"la descripción matemática o la simulación de un fenómeno natural no genera automáticamente una estructura conceptual ni funda una 'comprensión'"* (Jansen, 2008; Hoffmann, 1998). Y recuerda el carácter provisional de muchos conceptos utilizados por la química, los cuales son útiles para los científicos, pero pueden generar mucha confusión.

Generalmente, la asignación de números de oxidación se hace a través de la aplicación de conjuntos de reglas, sin embargo, dichas reglas son imprecisas, contradictorias y requieren de un número enorme de excepciones. De acuerdo a Sosa (2014), la expresión matemática del método de Kauffman para asignar números de oxidación en compuestos orgánico, es aplicable a cualquier sistema químico que pueda ser representado mediante estructuras de Lewis.

Capítulo 2

LA PROPUESTA DIDÁCTICA ALTERNATIVA

La enseñanza no debe centrarse en lo que se debería enseñar; hay que enseñar sólo lo que se puede enseñar, es decir, lo que se puede aprender.
Ortega y Gasset

La hipótesis general, que constituye la propuesta alternativa mediante investigación orientada, sostiene que es posible diseñar una enseñanza que sea coherente con los resultados de la investigación didáctica y que proporcione una mejora significativa en el aprendizaje de los conceptos de oxidación y reducción, así como de los procedimientos y de las actitudes de los alumnos en este tema. En los siguientes apartados de este capítulo se expone cómo se ha diseñado y desarrollado la propuesta alternativa, mostrando sus características básicas y el programa de actividades desarrollado como recurso didáctico para la enseñanza del concepto moderno de oxidación y reducción.

2.1. Justificación de la propuesta alternativa

En el capítulo 1 hemos intentado fundamentar, muy someramente, que el aprendizaje sólido de los conocimientos científicos implica el desarrollo simultáneo de procesos de producción y aceptación típicos del trabajo científico, y de la implicación axiológica necesaria para que esa tarea tan exigente pueda llevarse a cabo. La planificación de un curso y de los temas en él desarrollados no puede responder simplemente a la lógica que expresa la secuencia: “¿Qué objetivos deben lograr los estudiantes?, ¿qué contenidos impartir?, ¿cómo ha de ser la evaluación para constatar el aprendizaje logrado? Como hemos señalado, lo que caracteriza el proceso de producción y aceptación de conocimientos científicos es que se desarrolla en un contexto problematizado, donde se aborden situaciones problemáticas de interés y se avanza de una manera tentativa hacia posibles soluciones. Por tanto, la planificación de los temas dentro del modelo de enseñanza de las ciencias como investigación orientada (o por resolución de problemas) obliga a formularse las preguntas que siguen: “¿Cómo problematizar cada uno de los temas incluidos para favorecer el aprendizaje con sentido?, ¿cómo integrar el aprendizaje

conceptual y la resolución de problemas de “papel y lápiz” en una estructura problematizada más amplia?”. A continuación, mostraremos cómo concebimos una educación de este tipo para el caso concreto de las materias científicas, indicando la forma de estructurar las actividades típicas de dicha enseñanza.

2.2. Desarrollo y características de la propuesta alternativa

En el presente apartado se expone cómo se ha diseñado y desarrollado la propuesta alternativa, mostrando sus características básicas. Una de las características de la propuesta alternativa ya ha sido expuesta en el capítulo 1, en el que se han tratado los indicadores de comprensión del concepto de oxidación y reducción que caracterizan el aprendizaje con comprensión del mismo. En el mismo capítulo se ha propuesto un *modelo de resolución de problemas* que incorpora las aportaciones de la investigación didáctica, adaptándolo al ámbito de la oxidación y reducción, e incorporándose en un modelo único los conocimientos conceptuales y procedimentales implicados en la misma.

Es decir, una de las aportaciones del modelo alternativo es que transforma la enseñanza habitual de la oxidación y reducción basada básicamente en la transmisión de los contenidos conceptuales necesarios, incorporando en los mismos conocimientos procedimentales presentes en la resolución en la enseñanza habitual de los problemas rédox que no son tratados en la enseñanza habitual.

Por otro lado, en el apartado 1.5.3 se han tratado parte de las deficiencias y dificultades que presentan los estudiantes en el aprendizaje logrado siguiendo la enseñanza habitual. Una de las líneas de investigación seguidas en didáctica consiste en la comparación en la resolución de problemas entre expertos y novatos, para reconocer las diferencias entre expertos y novatos, e implementar posteriormente actuaciones que permitan que los novatos se hagan más expertos y mejoren su efectividad en la resolución de problemas. Es decir, se trata de determinar mediante la *comparación entre expertos y novatos*, cuáles son los *aspectos en los cuales se debe incidir* en la resolución de problemas de oxidación y reducción. Esto constituirá otra de las características del modelo alternativo, que será orientado hacia la reducción de estas diferencias, tomando a los expertos como modelo de referencia a imitar.

Conviene aclarar que la comparación entre experto y novatos se centra en la detección de diferencias, y no proporciona una metodología de actuación de cara a la mejora en la efectividad en la resolución de problemas. Dependiendo de cuáles sean los aspectos en los cuales sea necesario incidir, habrán de desarrollarse estrategias específicas para mejorarlos en un marco didáctico determinado. Es decir, no sólo se trata de saber qué conocimientos han de enseñarse, sino también cómo esos conocimientos pueden ser adquiridos eficientemente por el estudiante. En este sentido, un marco de referencia que incorpora las últimas aportaciones de la investigación didáctica y que ha conseguido mejoras significativas en el proceso de enseñanza aprendizaje es el *modelo de enseñanza de orientación constructivista*. Las características generales de dicho modelo se muestran en el apartado 1.2.8, en el cual se expone además la forma en la que ha sido adaptada e implementada para el tema de oxidación y reducción y en la docencia general de la asignatura de Química.

A partir del modelo de enseñanza de orientación constructivista, y en coherencia con el mismo, es posible desarrollar distintas estrategias didácticas dependiendo de las necesidades y deficiencias detectadas en el aprendizaje de los estudiantes, y de los objetivos planteados para la asignatura. En nuestro caso nos hemos planteado una *estrategia de enseñanza basada en la resolución de problemas*, como forma de integrar la teoría y los problemas en un proceso único de construcción de conocimiento (Gil et al. 1987).

Desde una concepción constructivista, el currículo no se concibe como un conjunto de conocimientos y habilidades que deben ser enseñados al estudiante, sino como el programa de actividades a través del cual dichos conocimientos y habilidades pueden ser construidos. Por ello, se ha desarrollado un *programa de actividades* que tiene en cuenta todos los aspectos comentados anteriormente, enmarcándolo en un *modelo de enseñanza basado en la resolución de problemas*.

La elaboración de un programa de actividades está en la línea de la conveniencia de transformar el currículo en programas de actividades resaltada ya en los años setenta por Furió y Gil (1978) y recogida en múltiples investigaciones en didáctica de las Ciencias (Guisasola, 1999; Martínez, 1996; Gil et al., 1996).

El aprendizaje de los alumnos se facilita cuando se enfrentan a tareas y actividades concretas y dirigidas dentro del vitae escolar. Esto exige que el conjunto de actividades posea una

lógica interna que evite aprendizajes inconexos y procesos excesivamente erráticos, y que esté cuidadosamente estudiado para cubrir el contenido del tema objeto de estudio.

Esta idea de programas de actividades como una nueva concepción del currículo ha recibido un fuerte apoyo desde concepciones constructivistas (Driver y Oldham, 1986) que afirman que quizá la más importante implicación del modelo constructivista sea “*no concebir el currículo como un conjunto de conocimientos y habilidades, sino como el programa de actividades a través del cual dichos conocimientos y habilidades pueden ser construidos*”.

2.3. El programa de actividades como modelo de intervención didáctica

2.3.1. Características generales del programa de actividades.

El programa de actividades se enmarca en un *modelo de enseñanza basado en la resolución de problemas*, como ya se ha comentado en el apartado 1.2.8. Hay un acuerdo generalizado en que la resolución de problemas ayuda a reforzar y clarificar los principios que se enseñan (Selvaratnman, 1983) y, más todavía, en que es a través de la resolución de problemas como mejor se aprenden (Larkin, 1981) porque ello obliga a los estudiantes a poner constantemente sus conocimientos “en práctica” y favorece la motivación (Brich, 1986).

Algunos autores defienden que la adquisición del conocimiento declarativo es un proceso de construcción que hace uso implícito o explícito del conocimiento procedimental (Selvaratnman y Kumarasinghe, 1991), y al mismo tiempo las capacidades procedimentales conllevan conocimientos declarativo específico de la materia (Friedler *et al.*, 1990). Esta simbiosis hace que la tarea instruccional deba ser tal que haga que los estudiantes participen en el proceso de construcción, pues así se incrementa la significatividad y retención del conocimiento declarativo, y al mismo tiempo, se inculca la trascendencia del conocimiento procedimental.

La resolución de problemas como actividad de aprendizaje es un contexto ideal para compaginar ambos aspectos. Así, mientras que la habilidad para resolver problemas puede indicarnos el grado de aprendizaje que ha tenido lugar, es fundamental reconocer también que los estudiantes resolviendo problemas pueden aprender tanto conocimiento conceptual como procedimental.

Nos hemos planteado una estrategia de enseñanza basada en la resolución de problemas, como forma de integrar la teoría, y los problemas en un proceso único de construcción de conocimiento (Gil *et al.* 1999).

Uno de los modelos propuestos es el de la resolución de problemas como investigación orientada (Gil *et al.*, 1988; Guisasola y Pérez de Eulate, 2000). La actividad que se propicia con el uso de este modelo en clase, se aleja del operativismo y fomenta formas de pensamiento cualitativas y divergentes. El cambio de estrategias de enseñanza produce en los alumnos un aumento de su capacidad para enfrentarse y resolver los problemas gracias a la superación de su operativismo inicial y a la utilización por su parte en la resolución de problemas de aspectos esenciales como la realización de planteamientos cualitativos, emisión de hipótesis, elaboración de posibles estrategias antes de proceder a la resolución, etc.

De la comparación entre expertos y novatos, se deriva que la mayor eficiencia en la resolución de problemas por los expertos no se debería a una mayor capacidad cognitiva general sino a sus conocimientos específicos del dominio, por lo que el entrenamiento en resolución de problemas no debe apoyarse tanto en el desarrollo de capacidades generales como en proporcionar al alumno un conocimiento específico del área del saber, asumiendo que la pericia implica una utilización óptima de los recursos cognitivos disponibles en la propia área de la especialidad (Hegarty, 1991), y que las habilidades de resolución de problemas y, en general, la pericia, son un efecto de la práctica.

Por consiguiente, la resolución de problemas no sólo puede ser entrenada, sino que debe serlo mediante la práctica. Sin embargo, no todos los tipos de práctica son igualmente eficaces; lo que suele caracterizar a la experiencia de un buen experto no es tanto su cantidad, necesaria pero no suficiente, como el ser una práctica guiada por principios conceptuales que le dan sentido (Glaser, 1992). Es decir, este enfoque asume que la eficiencia en la resolución de problemas depende en gran medida de la disponibilidad y activación de conocimientos conceptuales adecuados.

En este sentido, la segunda característica del programa de actividades es que se plantean los mismos como una manera de *proponer al alumno una diversidad de situaciones que le obliguen*

a activar los conocimientos conceptuales y procedimentales implicados en las reacciones de oxidación y reducción, buscando la comprensión, profundización y el afianzamiento en los mismos.

Las diferencias entre expertos y novatos servirán además para saber en qué aspectos de esos conocimientos se debe incidir especialmente, orientando en esa dirección las actuaciones diseñadas en el programa de actividades, de manera que permitan que los novatos se hagan más expertos y mejoren su efectividad en la resolución de problemas.

Las conclusiones a las que llega el análisis de la resolución de problemas por parte de expertos y novatos en un ámbito específico, como en el de ciencias, o el de química, es que, por un lado, los expertos realizan un análisis cualitativo, una representación del dominio específico que requiere conocimientos en ese ámbito, anterior a cualquier trabajo. El novato, en cambio, inicia inmediatamente la acción operativamente (Larkin y Rief, 1979; Larkin, 1983). Estos estudios resaltan la importancia de un análisis cualitativo del problema que identifique las características principales del mismo (Finegold y Mass, 1985; Chi et al., 1982; Mc Millan y Swadener, 1991; Heller et al., 1992).

En lo que a las estrategias de resolución se refiere, los expertos planifican la solución y buscan alternativas con carácter previo a la resolución mientras que los novatos tienden a abordar el problema en base a primeras impresiones sin planificación alguna. (Larkin, 1981; Reif y Heller, 1982).

En resumen, el programa de actividades posee las siguientes características generales:

1. El programa de actividades se enmarca en un *modelo de aprendizaje basado en la resolución de problemas, tomando como referencia el modelo de resolución de problemas rédox* mostrado en el apartado 1.2.8., desarrollado a partir de la revisión bibliográfica y de las aportaciones de expertos.
2. Se plantean las distintas actividades como una manera de *proponer al alumno una diversidad de situaciones que le obliguen a activar los conocimientos conceptuales y procedimentales implicados* en las reacciones de oxidación y reducción, buscando la comprensión, profundización y el afianzamiento en los mismos.

- Las actividades están orientadas a *incidir y hacer un énfasis especial en el análisis cualitativo de las reacciones rédox, y en la valoración de las estrategias de resolución a seguir.*

2.3.2. Diseño del programa de actividades para las reacciones rédox

A la hora de planificar la enseñanza de un determinado tema y determinar el itinerario de aprendizaje que va a seguir el programa de actividades, es necesario definir, por un lado, los objetivos que se persiguen y los contenidos que van a ser tratados, teniendo en cuenta las posibles dificultades que pueden presentar los alumnos en la asimilación de esos conocimientos. Pero además, es necesario definir la estrategia que se va a seguir para favorecer el aprendizaje con sentido, definiendo una estructura lógica en la secuenciación de las actividades diseñadas para el aprendizaje, y cómo se va a evaluar para impulsar y orientar dicho aprendizaje.

En primer lugar, se exponen en la **Tabla 7** los objetivos generales planteados para la enseñanza de las reacciones rédox, y las posibles dificultades que puede presentar el alumno en el proceso de aprendizaje. Para cada objetivo se indica entre paréntesis el indicador de comprensión de las reacciones rédox ligado con el mismo que se pretende trabajar, según lo expuesto en el capítulo anterior.

Tabla 7. Procedimientos generales planteados para la enseñanza rédox

<i>Conceptual:</i>	<i>Procedimental:</i>	<i>Actitudinal:</i>
1. Asumirán una visión correcta de lo que es esencial en la oxidación y en la reducción, su lugar en el marco de la química y de su origen. 2. Manejarán adecuadamente las nociones de valencia, número de oxidación, y agente ox/red 3. Mostrarán ideas coherentes con el marco científico en el manejo de los modelos básicos de oxidación y de reducción. 4. Usarán de una visión actualizada de los procesos de oxidación y de reducción y manejarán el número de oxidación de un modo exento de errores.	5. Se favorecerá en ellos el uso de técnicas de trabajo científico y su conexión con otros campos de la química. 6. Tendrá en cuenta sus ideas previas, facilitará la participación en clase, el trabajo en grupo y la comprensión de los conceptos.	7. Desarrollarán una actitud positiva, más fundada hacia la ciencia y su desarrollo.

Definidos los objetivos de la enseñanza y las posibles dificultades del alumno en el aprendizaje de la oxidación y reducción, el siguiente paso consiste en definir la estrategia de enseñanza que se va a seguir, lo cual se traduce en diseñar una estructura del tema que se va a tratar, que permita a los estudiantes, con el apoyo del profesor, enfrentarse a situaciones problemáticas, poniendo en juego los conocimientos implicados en la oxidación y reducción.

Para ello, la propuesta alternativa del programa de actividades se desarrolla según la siguiente *planificación de la estructura* del tema:

1. Plantear al inicio del tema situaciones problemáticas que sirvan de *punto de partida* para el trabajo de los estudiantes. El objetivo en nuestro caso es determinar mediante el planteamiento de alguna situación problemática los conocimientos y dificultades previos que presentan los alumnos en la resolución de los problemas de oxidación y reducción. Esto permite al profesor obtener información sobre el punto de partida del grupo al que se va a impartir docencia.
2. Diseñar la secuenciación de las actividades según una *posible estrategia para avanzar en la asimilación de los conocimientos*. Esta *secuenciación* será programada de antemano a la determinación del punto de partida del grupo según los contenidos conceptuales o procedimentales en los cuales se quiere instruir al alumno, pero no para seguirlo de manera rígida, sino entendiéndola como una propuesta base flexible a partir de la cual la secuenciación y las actividades diseñadas podrán variar en función de las necesidades y deficiencias que se vayan detectando en el grupo de alumnos. Para ello, el profesor deberá seguir una metodología de *investigación–acción* para determinar el avance que se va produciendo.
3. *Desarrollar la estrategia* de enseñanza, integrando con sentido los ejercicios, trabajos prácticos, y la resolución de problemas, junto a la introducción de conceptos y sus relaciones, dentro de la estructura del tema.
4. *Realizar recapitulaciones* periódicas sobre lo avanzado en el aprendizaje, prestando especial atención a la regulación y orientación de los alumnos en el desarrollo del mismo.
5. Proponer nuevos problemas como una forma de afianzar y poner a prueba los conocimientos adquiridos en otras situaciones problemáticas.

Esta propuesta de organización del tema aparece representada de forma esquemática en la página siguiente, en la **Figura 9** se presenta la estructura básica del tema y las cuestiones que deben centrar el interés de los profesores para la elaboración del “plan de investigación”.

El resultado de este proceso, para el caso específico del curso de química, en términos de cuál es el objetivo clave, cuáles son los objetivos concretos más importantes, cómo iniciar el tema para que los alumnos se apropien del problema planteado, etc., está desarrollado en el programa-guía de actividades (o secuencia problematizada de actividades) que se adjunta en el **ANEXO 1**. En este apartado sólo presentaremos la estructura problematizada del tema (**Figura 10**) y la estrategia que seguiremos para avanzar en la solución del problema estructurante de una manera lógica.

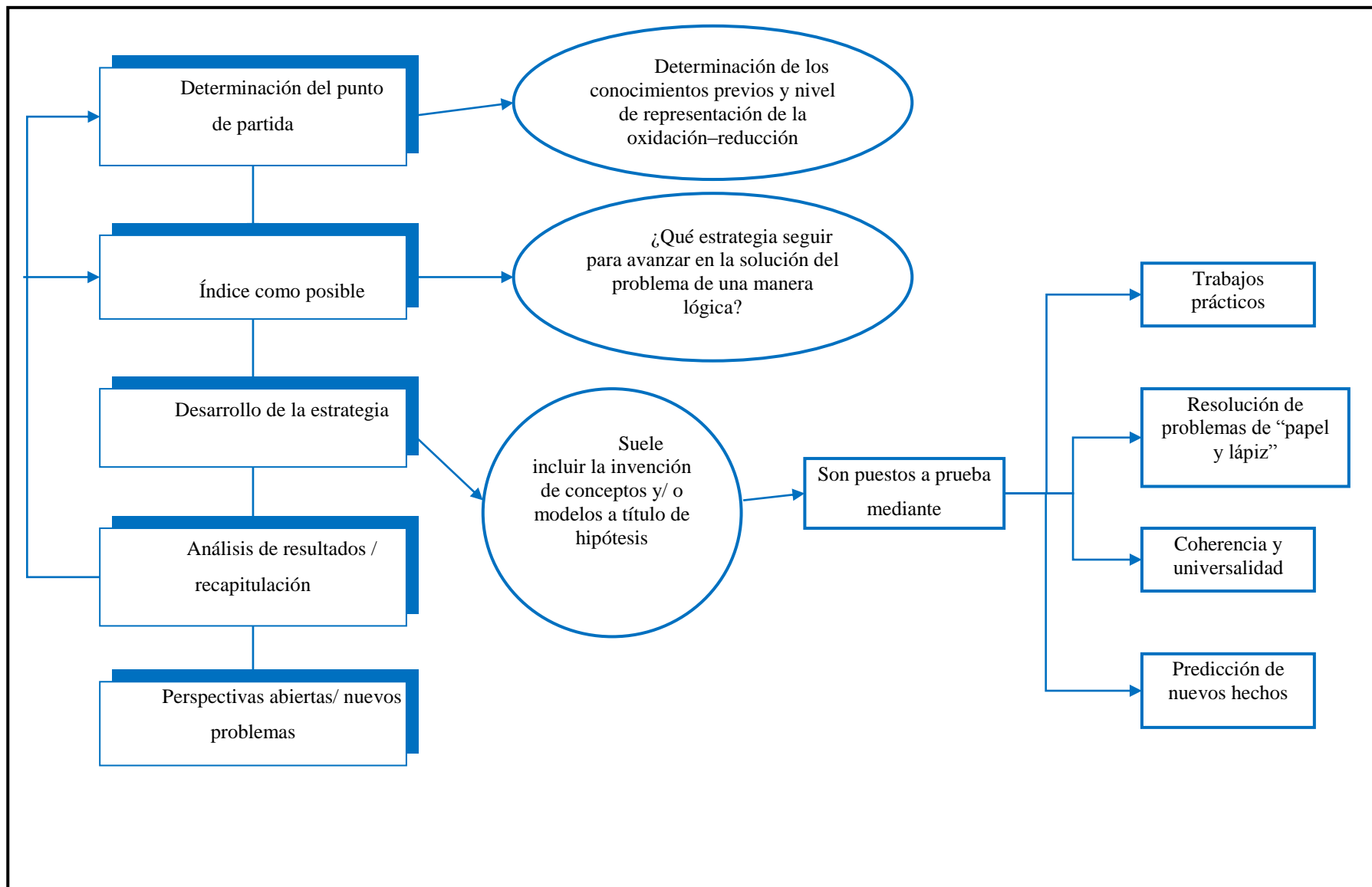


Figura 9. Planificación de la estructura del tema de oxidación-reducción.

La organización del tema expuesto en el esquema anterior, ha de concretarse integrando en la misma los objetivos que se persiguen, los contenidos que se quieren introducir, y las distintas actividades diseñadas para el aprendizaje de la oxidación y reducción. Se ha elaborado una diversidad de actividades que plantean situaciones problemáticas de oxidación y reducción a los alumnos de manera gradual, y centrándose en distintos objetivos en función de las deficiencias o dificultades encontradas, de los contenidos conceptuales a aplicar, o de los procedimientos en los cuales se quiere instruir al alumno.

La labor del diseñador del itinerario de aprendizaje, es decir, del profesor, consiste en graduar la dificultad de la tarea y organizar la ayuda en función de las dificultades del sujeto para enfrentarla, de acuerdo con la idea de andamiaje introducida por Bruner (1979). El concepto de andamiaje implica que la ayuda debe mantener una relación inversa con el nivel de competencia que el estudiante muestra en la tarea. Así, cuanto más dificultad tenga para lograr el objetivo, más directivas deben ser las ayudas que se le suministren. A medida que el sujeto se vaya haciendo más capaz de avanzar por sí mismo, la ayuda se debe ir desvaneciendo. Por tanto, la elección de las actividades y el nivel de dificultad de los mismos deben hacerse de modo que representen un reto abordable para los alumnos, de tal forma que mediante la interacción y la ayuda de los otros, el alumno pueda participar en el proceso de construcción (Hodson and Hodson, 1998).

Por otro lado, el número de problemas a resolver en cada actividad dependerá del grado de las deficiencias o dificultades que vayan surgiendo y del nivel de asimilación del estudiante de los conocimientos implicados en la oxidación y reducción. La propuesta de secuenciación de la enseñanza de oxidación y reducción aparece representada de forma gráfica en el esquema de la página siguiente, en el que se asigna un código a cada actividad (A1: Actividad 1). En las siguientes páginas se comenta el hilo conductor que lo estructura. El programa de actividades desarrollado se presenta posteriormente, en el que se incluyen de forma explícita los propósitos didácticos de cada actividad y la metodología a seguir.

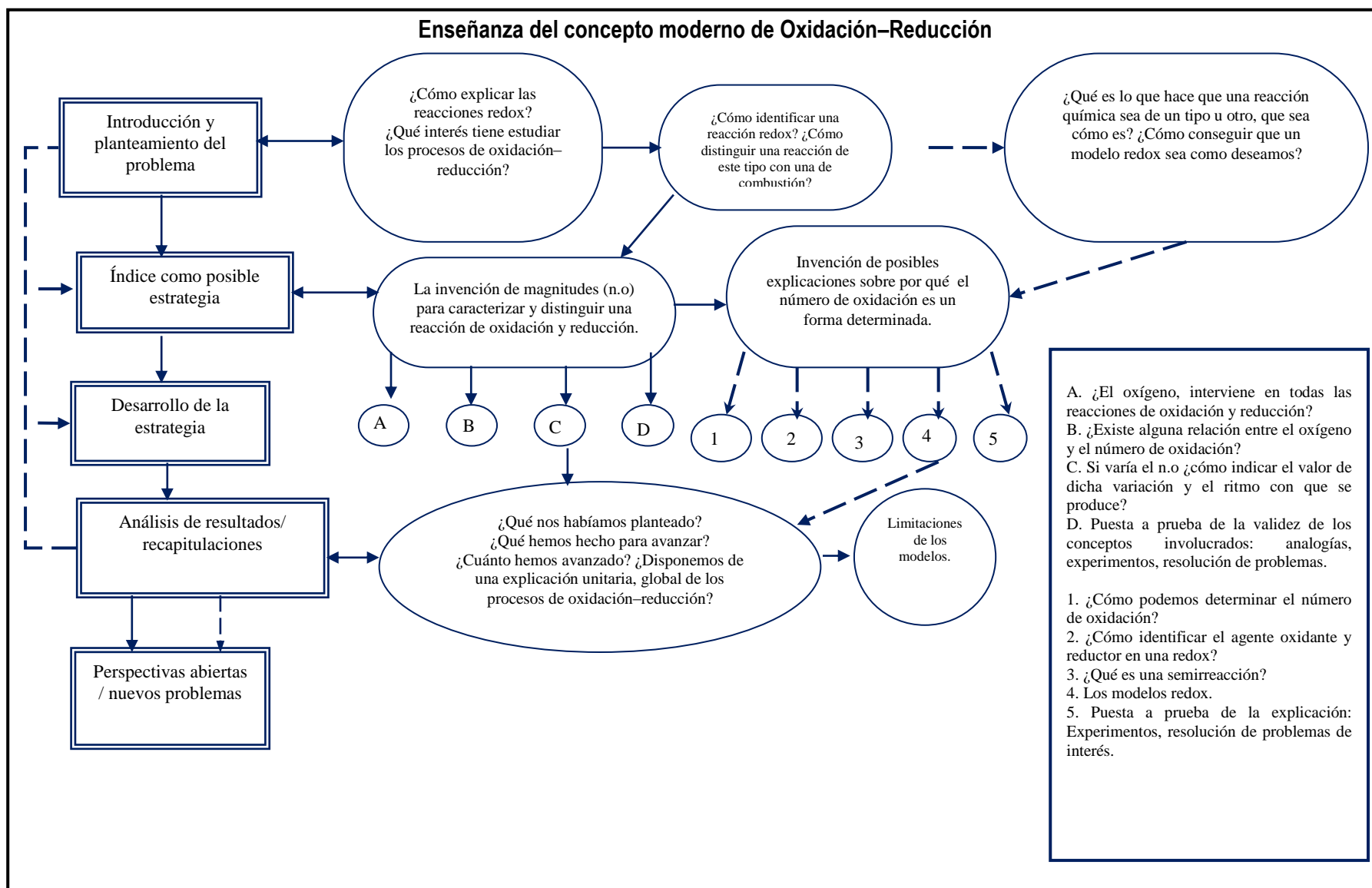


Figura 10. Programa guía de actividades para la enseñanza del concepto moderno de oxidación y reducción

2.3.3. Estrategia que seguiremos para avanzar en la solución del problema estructurante

El hilo conductor de las actividades propuestas sigue la siguiente lógica estructurante. En primer lugar se realiza una primera actividad que tiene como objetivo determinar el punto de partida del grupo de alumnos, es decir, determinar los conocimientos y dificultades previas que los alumnos poseen respecto al tema de reacciones de oxidación y de reducción (**A1**), mediante la resolución cooperativa en común por parte de los alumnos de uno de estos problemas en el aula, actuando el profesor de director y moderador del proceso.

El nivel de partida y las deficiencias que presenten los alumnos puede variar de un grupo a otro de alumnos, o incluso de un estudiante a otro. Esta primera actividad tiene como objetivo determinar esos conocimientos previos y deficiencias, como un instrumento para poder adaptar el programa de actividades general propuesto en principio al grupo concreto de alumnos, e incluso, proponer distintas variantes del programa tratando de individualizar el mismo a las necesidades del alumno, diseñando y seleccionando de entre las distintas actividades aquellas que serán realizadas por todo el grupo en el aula, y las que se propondrán a subgrupos de alumnos con necesidades específicas.

En el apartado 1.4. en el que se mostraban los indicadores de comprensión de oxidación y reducción se mencionaba que el alumno debe conocer los fundamentos de la formación de especies iónicas, número de oxidación y en perspectiva para poder resolver problemas de oxidación y reducción. Al realizar la primera actividad para determinar el nivel de partida de los alumnos, en ocasiones se observan deficiencias en estos conocimientos previos, tanto en lo que a la *estructura electrónica* se refiere, así como a la *electronegatividad* y los *niveles representacionales en química*.

No todas las actividades propuestas tienen por qué ser realizadas en clase. En función del avance de los alumnos, algunas de ellas, especialmente aquellas que el alumno puede realizar sin necesitar en principio ayuda de profesor, pueden ser propuestas como trabajos prácticos que el alumno realice individualmente en su domicilio. Llegado el caso, en el aula, se puede plantear alguno de ellos a modo de ejemplo, y realizar cada cierto tiempo puestas en común o comentarios

sobre los resultados obtenidos, como una manera de comprobar el avance que se va produciendo en el aprendizaje.

En función de las deficiencias o dificultades que se van detectando se proponen actividades de refuerzo de entre las comentadas anteriormente, tanto al grupo entero como a aquellos alumnos que necesiten la realización de problemas auxiliares individualmente.

Por último, como una manera de aplicar todos los conocimientos conceptuales y procedimentales tratados hasta ahora a diferentes problemas y situaciones prácticas, se proponen tres actividades de un nivel de dificultad mayor a las anteriores y que requieren que el alumno haya sintetizado y asimilado correctamente todos los conocimientos implicados en la oxidación y reducción: Problemas de balanceo redox, que sirven además para detectar deficiencias de los alumnos en el análisis de la información de alguna de las reacciones químicas, problemas abiertos, que obligan al alumno a la emisión de hipótesis de posibles tipos de plano solución del enunciado y a la aplicación correcta de la serie de actividad de los metales, en el que se hace uso de una combinación holística de habilidades de interpretación y análisis sistemático del enunciado de una reacción química y del nivel representacional de la misma.

El siguiente es el índice establecido para el diseño del tema, en forma de situaciones problemáticas, tal y como se ha comentado en párrafos anteriores.

1. *¿Tiene interés el estudio de las reacciones de oxidación –reducción?*
2. *¿Cómo se relaciona los electrones de valencia con la carga nuclear? ¿Y con su periodicidad?*
3. *¿Cómo se puede diferenciar la oxidación de la reducción?*
4. *¿Cómo identificar un agente oxidante y un reductor?*
5. *Modelo de oxidación y reducción*
6. *Ajuste de ecuaciones de oxidación y reducción sencillas que incluyan los oxidantes y reductores convencionales*
7. *Implicaciones tecnológicas y sociales del tema*

Capítulo 3

METODOLOGÍA

Para motivar a los estudiantes, uno debe ser creativo, una forma de hacerlo es considerar temas de aplicación práctica a sus vidas fuera del entorno escolar. La integración de experiencias de la vida cotidiana, es decir, fenómenos fuera de la escuela en la enseñanza de las ciencias no sólo es necesaria sino también urgente (Soudani et al., 2000). En otras palabras, en lugar de estudiar el concepto de "reacción química" directamente como se presenta en su libro de texto, los estudiantes exploraron el concepto en el contexto aplicado. La oxidación y reducción fue introducido a todos los estudiantes a fin de captar su atención sobre un tema que iba a afectar sus vidas. Este tema también dio una oportunidad a los estudiantes para tomar una decisión informada sobre los diversos fenómenos de oxidación y reducción en su vida cotidiana.

Esto también les hizo tomar conciencia de las controversias que rodean el concepto moderno de la oxidación y reducción. Tobin (1997) afirma que "el profesor, tiene la obligación de educar a los estudiantes, ayudarles a entender lo que actualmente se considera como viables por la sociedad del conocimiento". A continuación se va a exponer el diseño elaborado para confirmar nuestra hipótesis. Se empieza ofreciendo una visión global del diseño y formulando sus consecuencias contrastables. En seguida se presentan a detalle cada uno de los diseños particulares que se han elaborado para comprobarlas.

3.1. Descripción general del diseño

La confirmación de una hipótesis lleva a la aparición de una variedad de consecuencias contrastables que hacen que la validación se realice desde múltiples vertientes, lo que implica un diseño experimental variado. En este sentido, existen en la investigación educativa dos tendencias polarizadas (Cook y Reichardt, 1986), la experimental, que utiliza fundamentalmente métodos cuantitativos, y la interpretativa, que se caracteriza por emplear sobre todo métodos cualitativos.

En los dos extremos se impone una tercera vía que combina técnicas y métodos de ambos tipos de investigación en la idea de que los puntos débiles de una son los fuertes de la otra y se

complementan (Carr, 1989). El presente trabajo de investigación participa además de las metodologías cuantitativas, de las metodologías cualitativas, en un intento de explicar mejor qué es lo que ocurre en el aula, y qué es lo que opinan los estudiantes.

Así, hemos procedido tanto a la obtención de resultados cuantitativos a través de pruebas escritas y preguntas a alumnos. Como el objetivo de la aplicación de la propuesta alternativa es que se produzcan cambios notables, no necesitamos tanto las exigencias y técnicas estadísticas utilizadas por la sociología con grandes muestras en las que conseguir pequeñas diferencias, aunque significativas, sino múltiples enfoques que confluyan en colectivos de tamaño medio, en los que se pretende conseguir cambios sustanciales (Viento, 1989; Wilson, 1977).

En la investigación educativa no es lo más relevante, en general, el tamaño de la muestra, y en este sentido se ha tenido en cuenta que según Larkin y Rainard (1984), así pues, en la mayoría de las investigaciones educativas se valora la riqueza del diseño en la medida que es capaz de explorar una diversidad de facetas e implicaciones de las hipótesis. Nuestra intención no es, utilizar grandes muestras, sino buscar grandes diferencias (en sentido estadístico) entre las muestras utilizadas, de acuerdo con la hipótesis a contrastar, y a ser posible de muy diferentes maneras experimentalmente (Hayman, 1981).

Las consecuencias contrastables para la hipótesis se han explicitado en dos formulaciones, relacionadas la primera con la enseñanza de la propuesta alternativa y la segunda con el aprendizaje logrado con dicha propuesta.

- ☆ Desde el modelo de enseñanza como *investigación orientada* es posible planificar y elaborar un programa de actividades que ofrezca oportunidades adecuadas en el aula para aprender los contenidos de oxidación y reducción, aunando la transferencia conceptual, puesta en práctica y situaciones para pensar y hacer.
- ☆ La experimentación de la propuesta alternativa producirá mejores resultados en los alumnos que los modelos utilizados habitualmente, tanto en los resultados relativos al aprendizaje logrado en el tema de oxidación y reducción como al interés mostrado por los alumnos hacia el aprendizaje de la Química.

En los apartados que siguen, presentaremos de un modo operativo cuáles son las transformaciones que deberán producirse en el comportamiento de los alumnos del grupo experimental en cada una de las dos consecuencias de nuestra hipótesis de trabajo, y los instrumentos experimentales que hemos diseñado para su contrastación. Para proporcionar una visión de conjunto del diseño experimental en la Tabla 8 presentaremos la naturaleza de los instrumentos experimentales.

Tabla 8: Instrumentos para probar las dos consecuencias contrastables de la hipótesis de trabajo

La incorporación de la enseñanza del concepto moderno de oxidación-reducción en particular, estructurada en forma problematizada, produce una mejora significativa en el aprendizaje conceptual, en la capacidad para resolver problemas, y en las actitudes de los estudiantes. En concreto:	Instrumentos	¿Cuándo se utiliza?	¿A qué grupos se aplica?
i) Suministra oportunidades adecuadas en el aula para que los estudiantes aprendan con comprensión los conceptos científicos sobre el tema en cuestión.	Programa-guía de actividades sobre oxidación-reducción (Anexo 1). Comentarios sobre algunas actividades seleccionadas. Discutir qué ocurre en el aula con las actividades seleccionadas. Prueba conceptual	Se ha planificado con anterioridad y se desarrolla en el aula clase a clase. En la última semana de clases.	Grupo Experimental (GE). GE y GC (Grupo de Control).
ii) Produce en los estudiantes un aumento significativo en la capacidad para resolver problemas, y una mejora de los indicadores de una resolución coherente con la metodología científica.	Prueba de problemas Cuestionarios para el análisis de la resolución de problemas	En la penúltima semana de clases.	Grupo Experimental (GE) y Grupo de Control (GC).
iii) Modifica positivamente la actitud e interés de los estudiantes hacia la química.	Cuestionario sobre actitudes e intereses	Al finalizar el curso (última clase).	Grupo Experimental (GE).

3.2. Diseños experimentales centrados en la enseñanza impartida con la propuesta alternativa

La primera consecuencia contrastable afirma que desde el modelo de enseñanza como investigación orientada es posible planificar y elaborar un programa de actividades que ofrezca oportunidades adecuadas en el aula para aprender los contenidos de oxidación y reducción, aunando la transferencia conceptual, puesta en práctica y situaciones para pensar y hacer.

Una condición previa para cumplir en la pretensión de validar la aplicación a la enseñanza de la oxidación y reducción del modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación orientada es disponer de los materiales necesarios para su aplicación en el aula. Así pues, el primer diseño que expondremos se referirá a esta posibilidad expresada en la primera consecuencia.

3.2.1. Presentación del programa de actividades

Para mostrar que es posible realizar una organización y secuenciación de actividades adecuada para el aprendizaje de los contenidos implicados en la oxidación y reducción a través del modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación orientada, se ha planificado y elaborado un programa de actividades para el desarrollo del tema. El resultado de la investigación desarrollada es, por una parte, una secuencia de actividades (tal como recomienda Millar, 1989) adaptadas a las necesidades de aprendizaje de los alumnos y, por otra, una documentación sobre las formas en que los alumnos pueden responder a dichas actividades.

El programa de actividades que vamos a presentar tiene su origen en la necesidad de elaborar materiales para la enseñanza del tema de reacciones de oxidación–reducción. Desde el año 2011, en que comenzamos a diseñar los materiales y experimentarlos posteriormente en el aula, estos se han presentado y discutido en distintas situaciones que se presentan a continuación siguiendo un orden cronológico.

Curso	Elaboración del programa de actividades
2011/12 A	Primer diseño del programa de actividades.
2011/12 B	Primeros ensayos del programa guía en el aula para el curso de QII.
2012/13 A	Revisión de las actividades a partir de la retroalimentación obtenida en el aula.
2012/13 B	Se continúa en la reelaboración del programa de actividades y su experimentación en clase del tema de oxidación–reducción.
2013/14 A	Se continúa en la reelaboración del programa de actividades y su experimentación en clase por el autor en la asignatura de QII para el tema de oxidación–reducción.

El programa de actividades se ha desarrollado siguiendo un proceso de continua reelaboración en función de los resultados obtenidos en los distintos grupos y tras una reflexión de todos los aspectos concernientes a la misma, desde el diseño de cada una de las actividades, la planificación y estructura seguida en la elección de las mismas, los indicadores de comprensión trabajados, o la metodología didáctica seguida, siguiendo el método autobiográfico, realizando un seguimiento de la experimentación mediante un registro de clase.

El programa de actividades se experimentó por primera vez durante el curso 2011–2012 B. A la vista de los resultados obtenidos se realizaron los ajustes oportunos y se experimentó durante el curso 2012–2013 A y, de nuevo, tras nuevos ajustes, durante el curso 2012–2013 B. El tiempo de clase dedicado al planteamiento de las distintas actividades, a las puestas en común, y al análisis de resultados, se ha ido espaciando a lo largo del curso para que el alumno pudiera completar o realizar las actividades propuestas en su domicilio, contando con el tiempo suficiente para el aprendizaje gradual, estimándose un tiempo de dedicación en el aula al tema de oxidación–reducción aproximadamente de 9 sesiones en total, dependiendo de las necesidades del grupo al que se impartía docencia.

Se han tutorizado todas las actividades propuestas, especialmente aquellas que se proponían como actividades complementarias para aquellos alumnos que presentaban mayores deficiencias y dificultades de visualización en comparación con el resto de alumnos del grupo.

En el Anexo 1 se expone el programa de actividades incluyendo de forma explícita los propósitos didácticos de cada actividad, la metodología a seguir y los comentarios que establecen las posibles dificultades de los alumnos en su realización.

3.2.2 Muestra

El proceso de investigación se inició con una muestra de 90 estudiantes con edades comprendidas entre 16 y 22 años quienes cursaban su segundo curso de Química, del nivel medio superior. El tema en cual se realizó la construcción de los modelos fue el de oxidación y reducción. Del total de los estudiantes se obtuvo información completa de 30 de ellos con los cuales se realizaron los diferentes análisis contenidos en el informe. La selección de estos 30 estudiantes fue por conveniencia. Un criterio central para ello fue que todos los integrantes del grupo se involucraran en las discusiones generadas en torno a los diferentes problemas presentados en el ámbito de la oxidación y reducción de tal manera que hicieran posible la triangulación de la información.

3.3 Aplicación

El conjunto inicial consistió en 90 estudiantes del curso de Química II. Sin embargo, algunos estudiantes no realizaron la prueba inicial y algunos otros no realizaron la prueba final, el número total se redujo a 90. El estudio se realizó durante el cuarto semestre durante un período de tres semanas, nueve clases de 90 minutos cada una y tres clases experimentales de 90 minutos cada una.

El tema de reacciones oxidación y reducción, fue elegido como tema para este estudio debido a que las reacciones de oxidación y reducción son parte esencial de estudio en el programa de Química II. Las reacciones de oxidación y reducción se consideran un tema difícil por muchos estudiantes así como por algunos profesores (Brandt et al., 2001, de Jong, 1995). Sin embargo, este tema es fácilmente tratable con experiencias de la vida real, por ejemplo, la formación de óxido en los metales, la combustión, el cambio de color de una manzana, etc. Pero la definición y aplicación de los conceptos implicados en las reacciones de oxidación y reducción son especialmente problemáticas debido a que se enfrenta al hecho de tener diferentes modelos conceptuales.

Antes de comenzar con este tema, es necesario revisar lo concerniente a la tabla periódica (configuración electrónica, estructura de Lewis, etc), los tipos de reacciones químicas y balanceo de ecuaciones. Los estudiantes de los grupos g-405 y g-407 también se incluyen en la aplicación de la propuesta alternativa, es decir en el modelo de enseñanza por investigación orientada.

En la enseñanza de las reacciones rédox, los conceptos clave y sus definiciones fueron escritos como resumen en el pizarrón. A partir de este resumen los estudiantes, en grupos de cinco, tuvieron que construir diagramas y presentarlos a la clase.

El controvertido debate sobre la fluoración de agua del suministro público fue introducido como un ejemplo de reacción química (*resolución de problemas*), especialmente como reacción rédox ya que este tipo de acciones conduce a la caries por la erosión del esmalte, es decir, a una fluorosis dental (efecto de la reacción de oxidación reducción). Tras cerciorarse de que el fluoruro presente en la pasta de dientes ayuda a prevenir las caries, se explicó la reacción entre el fluoruro y la apatita, el principal componente del esmalte dental, para formar fluoropatita, que tiene una mayor resistencia a la caries.

Así, el uso de productos fluorados reduce la velocidad de la reacción química entre la placa formada a partir de azúcares y bacterias, y el esmalte de los dientes, es decir, la erosión del esmalte y la dentina. Los estudiantes tuvieron que *indagar* más al respecto para preparar sus argumentos sobre el debate de la fluoración del agua potable y exponerlos para la siguiente clase, donde se resaltarían tanto las ventajas como las desventajas de la fluoración.

Para garantizar la máxima participación, durante las discusiones de clase se otorgaron puntos que fueron asignados al grupo como parte de la evaluación continua. Hubo seis cuestiones sobre los que los estudiantes tenían que centrar sus debates. Estos fueron:

- (i) *Comprensión de la fluoración por parte de los estudiantes;*
- (ii) *Sus opiniones acerca del uso de la pasta de dientes con fluoruro en la prevención de la caries dental;*
- (iii) *Su percepción de los efectos de masticar chicle o no sobre la caries dental;*
- (iv) *La falta de calcio en la pasta de dientes;*
- (v) *Sus percepciones de la lógica de beber agua fluorada para prevenir las caries contra su uso en la pasta de dientes y*
- (vi) *La pertinencia de la fluoración en el tema de oxidación y reducción.*

Cada grupo tenía que escribir sus propios argumentos para los puntos antes mencionados y tenían que informar a toda la clase (panel de discusión). Todos los estudiantes analizaron las respuestas dadas por los otros miembros de los equipos. Al final de la lección, se consideró que se podría tener la oportunidad de examinar más el tema ya que los estudiantes parecían mostrar gran interés. Sin embargo, las limitaciones de horario permitido para sólo tres semanas de

enseñanza del tema, aunque tal vez cuatro podrían haber sido más apropiada. Es importante mencionar, que el programa de estudio estipula que este tema se enseña en una semana y media, con el consentimiento del grupo se acordó trabajar al menos dos semanas.

Para mejorar aún más la comprensión del tema de oxidación y reducción por parte de los estudiantes, se llevaron a cabo dos experimentos sobre reacciones rédox, en términos de transferencia de electrones. Hudson (1998) sugiere que los trabajos prácticos se utilizan para tres propósitos:

- Ayudar a los estudiantes a aprender ciencia, es decir a adquirir y desarrollar los conocimientos teóricos y conceptuales.
- Para ayudar a los estudiantes a aprender ciencia, hay que desarrollar una comprensión de la naturaleza de la ciencia y la conciencia de las interacciones entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el medio ambiente.
- Permitir a los alumnos hacer ciencia, esto es emprender y desarrollar conocimientos especializados en la investigación científica y la solución de problemas.

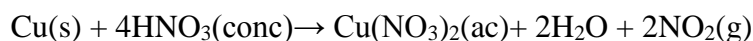
Según Abraham *et al.*, (1992) los trabajos prácticos podrían ser una herramienta muy poderosa en el desarrollo de las concepciones de los estudiantes y de la comprensión del procedimiento. Por lo tanto se decidió incluir algunos de los experimentos, aunque no son parte de las preguntas investigadas en este estudio. Los estudiantes tenían que trabajar en grupos de tres. El primer experimento fue una demostración por parte del profesor para la reacción entre el cobre y el ácido sulfúrico.

Experimento 1:



A los estudiantes se les proporciono una hoja de trabajo (véase el **ANEXO 4**) con preguntas para que contestaran durante la experimentación. Los estudiantes tenían primero que predecir la observación antes de que se demostrara y dar las razones de sus respuestas. Después de la experimentación, tenían que comparar sus predicciones con la observación real, si era diferente, tenían que explicar por qué.

Experimento 2:



El segundo experimento, fue la reacción entre el sulfato de cobre y el hierro, realizada por los estudiantes en equipos, (ver **ANEXO 5**) utilizando el mismo método de predecir, observar y explicar (POE) como los utilizados en el experimento 1.

Este método de predicción de observaciones con explicación antes de la observación real, es decir, POE (Predice–Observa–Explica), fue aprobado por Kala *et al.*, (2013). Afirma que es lento pero puede mejorar las habilidades de pensamiento crítico de los estudiantes. Una perspectiva hermenéutica de la enseñanza y el aprendizaje debe tener en cuenta las perspectivas de los estudiantes sobre la enseñanza y el aprendizaje. Así, al final de las tres semanas de estudio, los estudiantes recibieron tres cuestionarios para indicar sus percepciones del estudio, particularmente con respecto a las actividades de enseñanza y el enfoque argumentativo basadas en un tema polémico, la fluoración.

3.4 El diseño de la investigación

Este estudio implica la utilización de diseños cuantitativos y cualitativos. La investigación cuantitativa se diseñó considerando un modelo de estudio cuasi–experimental. Sin embargo, a diferencia del diseño original, los grupos no fueron constituidos de forma aleatoria. Específicamente, el diseño implica tres grupos de tratamiento: un grupo experimental (*g405*) y dos grupos de control (*g406* y *g407*). El *g406*, fue el verdadero grupo control para el tratamiento, es decir, los diagramas, mientras que *g407* controlados por los posibles efectos de la evaluación final.

Evaluación inicial	tratamiento	Evaluación final	grupo
O ₁	X	O ₂	405
O ₃		O ₄	406
	X	O ₅	407

El diseño está representado a continuación:

O₁ y O₃ corresponde a las evaluaciones iniciales, mientras que O₂, O₄ y O₅ son las evaluaciones finales en tanto que X representa el tratamiento.

Según Ogunniyi (1992) este diseño es lo suficientemente cerrado para eliminar las posibles fuentes de las variables, que pueda afectar a la validez del instrumento y/o la calidad de los datos obtenidos. Los tres grupos fueron expuestos a igualdad de horas de docencia, integrado por doce sesiones de 90 minutos cada uno sobre los cambios químicos y reacciones redox. En consonancia con los resultados de aprendizaje para las ciencias, se hicieron esfuerzos para asegurar que los estudiantes fueran "capaces de demostrar una comprensión de la relación entre ciencia y tecnología, y el impacto de la ciencia en la sociedad"

Los estudiantes del grupo *g405* y *g407* fueron introducidos en la propuesta didáctica de *investigación orientada*, mientras que su contraparte el *g406* sólo estaba expuesto al enfoque del discurso expositivo. Este método permitió determinar la efectividad de la intervención en el desarrollo de la comprensión conceptual por parte de los estudiantes respecto de las reacciones químicas, en particular de las reacciones de oxidación y reducción.

Se podría argumentar que, puesto que todos ellos son mis alumnos y procedentes del mismo curso anterior, podrían comunicarse unos con otros y compartir este nuevo método de aprendizaje. Sin embargo, estos estudiantes muestran una actitud desmotivante incluso sin intención a compartir lo que han aprendido en clase, están deseosos de irse rápido a sus respectivos hogares y algunos a trabajar después de clases en lugar de permanecer en la escuela y estudiar. Además, el argumento moral y el argumento profesional parecen ser más fuertes en términos de la posibilidad de utilizar una multiplicidad de estudiantes. La desesperada situación de rezago en mi centro escolar, exige un planteamiento drástico que podría reducir aún más las probabilidades de fracaso de estos estudiantes desmotivados.

El tema del estudio seleccionado "*Reacciones de Oxidación y Reducción*", que es parte del plan de estudios de química a ser enseñado debería en esencia tener un enfoque de aplicación práctico, de ahí la razón de la inclusión de la problemática de fluoración en la vida cotidiana y de otras reacciones redox, lo cual debería ayudar a los estudiantes a ver la aplicación del estudio de este tema en clase y en un contexto fuera de la escuela.

El componente cualitativo del estudio incluyó un análisis de los cuestionarios semi-estructurados de los estudiantes tanto en el uso de la investigación orientada como para el planteamiento de la fluoración del agua potable en una situación problematizada. En cada cuestionario se proporcionó el tiempo suficiente para que los estudiantes escribieran cualquier comentario adicional. Todas estas observaciones fueron también utilizadas en el análisis cualitativo del estudio para complementar los datos cuantitativos.

3.5 La instrumentación

Debido a los diferentes enfoques utilizados en la realización de este estudio, se utilizan una serie de instrumentos para recopilar los datos. En total siete diferentes tipos de instrumentos se utilizaron los cuales son:

1. *Evaluación de logros en el tema “oxidación y reducción”* (véase el **ANEXO 6**) instrumento para determinar las concepciones alternativas que poseen los estudiantes con respecto a las reacciones químicas. Los datos recopilados a través de la prueba de logros fueron analizados en términos de las descripciones cuantitativos y cualitativos.
2. *Hoja de trabajo* para los experimentos llevados a cabo con la finalidad de probar la comprensión de los estudiantes de los conceptos debatidos (véase el **ANEXO 4 y 5**).
3. Se utilizaron *tres cuestionarios* para explorar:
 - (i) la percepción de los estudiantes de la lección sobre las reacciones rédox (**ANEXO 6**).
 - (ii) las percepciones de los estudiantes en cuanto al trabajo experimental y la hoja de trabajo (**ANEXO 7**).
 - (iii) las percepciones de los estudiantes sobre el uso de la investigación orientada como resolución de problemas (**ANEXO 8**).
4. Las dos entrevistas con alumnos incluyen:
 - (i) Un entrevista no-directiva realizada para explorar las percepciones de los estudiantes sobre la estrategia de enseñanza utilizada y su efecto sobre su comprensión del tema.
 - (ii) Una entrevista individual realizada para examinar la comprensión de los estudiantes y sus actitudes, así como el efecto de la introducción de los conceptos de oxidación y reducción en su comprensión del tema.

3.5.1 Validación y fiabilidad

Todos los instrumentos fueron sometidos a pruebas de validez y fiabilidad para garantizar que el estudio y los instrumentos midan lo que pretenden medir (Ogunniyi, 1992), y más aun lo que proporcionaría resultados consistentes en dos o más situaciones similares. Fueron específicamente necesarios para evaluar: (i) la adecuación del nivel de lenguaje que se usa para el nivel de los estudiantes; (ii) la claridad de las preguntas; (iii) si hay o no superposición de preguntas y (iv) si el contenido estaba al nivel de los estudiantes y midieran lo que sería enseñado. Cada pregunta fue clasificada por el grupo de 1 a 5, es decir, para deficiente (1); adecuado (2), razonable (3), bueno (4), y (5) para un elemento excelente.

Para mejorar la validez de cada instrumento, la calificación sobre cada tema fueron agrupados de forma aleatoria en dos grupos, el puntaje promedio de un grupo se ha correlacionado con la otra utilizando la fórmula de diferencia Spearman (véase Ogunniyi, 1992). Para la validación del estudio y de los instrumentos y también para poner a prueba su consistencia o confiabilidad, así como el tiempo necesario para el estudio, se realizó una prueba piloto. Los datos obtenidos de la prueba piloto formó la base de los valores de la fiabilidad. Los coeficientes de correlación resultante para la prueba de logros y los tres cuestionarios, el tema (reacciones rédox) y los experimentos fueron 0.91, 0.81, 0.86 y 0.90 respectivamente.

Durante el estudio piloto todas las herramientas e instrumentos desarrollados para la enseñanza – aprendizaje del tema en estudio fueron aplicados durante tres semanas. Estos fueron la prueba de logros, los experimentos, elaboración de mapas conceptuales, el problema de fluoración y los cuestionarios basados en las percepciones de los estudiantes sobre el tema de oxidación y reducción. Asimismo, se elaboraron diarios de la experiencia en el aula, esto proporcionó una visión sobre las deficiencias del diseño de la investigación. Por ejemplo, tras el estudio piloto los elementos de la prueba de logros y las del cuestionario sobre las percepciones de los estudiantes del uso del programa guía se redujeron debido al comentario de que eran demasiado largos y algunas declaraciones no eran realmente relevantes para el objeto de estudio.

Esto se tradujo en un aumento del número de integrantes por grupo durante los experimentos debido a que tres miembros significaban tener demasiados equipos que son difíciles de guiar. Esto también brindó la oportunidad de practicar la metodología de enseñanza a los

estudiantes así cómo desarrollar sus propias hipótesis, lo cual no fue suficiente para el estudio. La validación de cada instrumento se detalla más adelante en la evaluación de cada instrumento (sección 3.5.2, 3.5.3, 3.5.4 y 3.5.5).

3.5.2 Evaluación de los logros respecto al tema de oxidación y reducción

La prueba de logros fue desarrollada para medir el nivel cognoscitivo de los estudiantes en el grupo experimental y el grupo control. Un programa guía de enseñanza–aprendizaje mediante investigación orientada se ha diseñado de tal forma que los estudiantes elaboren significados y construyan su propio conocimiento en base a la interacción con el material de aprendizaje, (véase Ramarogo, 1998). La prueba de logros se componía de tres partes, es decir, una pregunta de elección múltiple compuesta de reacciones químicas de la vida cotidiana y dos basadas en el contenido de preguntas derivadas del programa de estudios. Estas preguntas fueron diseñadas para obtener información acerca del conocimiento químico y el razonamiento de los estudiantes.

En la *primera parte*, se elaboraron 12 preguntas de opción múltiple sobre fenómenos químicos conocidos en su vida cotidiana. Los estudiantes tenían que clasificar estos fenómenos indicando la naturaleza de la reacción si era un ácido–base (A), (B) rédox, precipitación (C) o dismutación (D). Las preguntas de opción múltiple son una herramienta de diagnóstico para identificar las concepciones alternativas de los estudiantes acerca de un determinado tema científico (Soudani et. al., 2000). Treagust (2001) afirma que, una prueba de este tipo podría ser utilizado como una herramienta de diagnóstico y ayudaría al profesor para comenzar a abordar las concepciones alternativas existentes basadas en la enseñanza y el aprendizaje anterior, ya sea que esto ocurra antes de iniciar el tema o se hayan producido después de la enseñanza del tema.

La *segunda parte* consistió en una prueba de completar la frase. Se elaboró un párrafo con un apartado de cómo se produce una reacción química, se hace referencia a la transferencia de electrones y los cambios resultantes de esta. Diez espacios fueron dejados para que los estudiantes rellenaran a partir de una lista de 12 palabras provistas para tal fin. La estrategia de prueba permite a los estudiantes concentrarse en el significado de cada término (Puhl, 2000).

La *tercera parte* consta de dos fases. En la primera fase, los estudiantes cuentan con cuatro reacciones químicas escritas en palabras. Estaban obligados a indicar qué sucede en cada

reacción y escribir la reacción química balanceada. En la segunda fase, los estudiantes cuentan con dos reacciones químicas donde tenían que identificar la reacción tipo rédox. Tras esto, ellos tuvieron que responder siete preguntas basadas en la reacción elegida como reacción rédox. A diferencia de las dos primeras partes el objetivo de esta parte era incitar a los estudiantes a argumentar sobre las reacciones de oxidación y reducción.

Como se mencionó anteriormente, la prueba de logros fue administrada por el docente como una evaluación inicial y una evaluación final (**véase el ANEXO 6**). Esto con el propósito de garantizar que los estudiantes realmente entendieron las preguntas. A los estudiantes se les comentó que la prueba inicial no formaba parte de la evaluación continua de este objetivo, esto con la finalidad de que los estudiantes estuvieran relajados mientras realizaban la evaluación. Esto también eliminó la ansiedad de los estudiantes, ya que a veces se promueve que los estudiantes no superen la prueba, a pesar de que conocen el contenido.

Para determinar la pertinencia, el contenido y la validez en el *constructo* de cada instrumento un grupo de alumnos fue utilizado. Sus clasificaciones fueron sometidas a diferencia de rango de la fórmula *Spearman*. El coeficiente de correlación resultante para la prueba de logros fue de 0.87. Utilizando los resultados del estudio piloto, la fiabilidad de la versión final de la prueba de logros, fue 0.81 utilizando Kuder–Richardson y basado en la confiabilidad media de *Spearman–Brown*, el coeficiente de confiabilidad fue de 0.92.

3.5.3 Modelo instruccional– Programa guía

Como se indicó en el capítulo 1, el término "investigación orientada" debe ser interpretado en términos de su singularidad, que no necesariamente es excelente o mejor que otro material instruccional. Para mejorar la comprensión de las reacciones químicas por parte de los estudiantes, se utilizaron materiales instruccionales. Estos eran: (i) los mapas conceptuales para los grupos 405 y 407, (ii) la discusión del debate sobre la fluoración del suministro público de agua y (iii) los experimentos para los tres grupos. Como se mencionó anteriormente todos los estudiantes que participaron en el estudio fueron introducidos en el debate sobre el controvertido tema de la fluoración del suministro público de agua. Luego de haber sido dada la información

acerca del tema, se generaron discusiones de cada equipo, seguido por toda la clase, esta actividad se centró en:

(i) la comprensión de los estudiantes sobre el tema de fluoración; (ii) sus opiniones acerca de la presencia de flúor en la pasta de dientes para la prevención de caries dental; (iii) su percepción de los efectos de masticar chicle o no sobre la caries dental; (iv) la falta de uso del calcio en la pasta de dientes; (v) sus percepciones de la lógica de beber agua fluorada para prevenir las caries contra su uso de pasta de dientes y (vi) la pertinencia de la fluoración en relación al tema de oxidación y reducción .

Como se mencionó anteriormente, en la enseñanza de las reacciones de oxidación y reducción, los conceptos clave y sus significados fueron escritos como lecciones a modo de resumen. A partir de este resumen, los estudiantes tuvieron que desarrollar mapas conceptuales en grupos. Estos se presentan a los demás estudiantes quienes tuvieron que agregar o señalar las deficiencias del mapa y eventualmente asignar el equipo de referencia. Esto permitió que los estudiantes posteriormente elaboraran mapas conceptuales para su revisión. Dos experimentos fueron llevados a cabo por todos los estudiantes, quienes participaron en el estudio antes de responder en la hoja de trabajo para cada experimento.

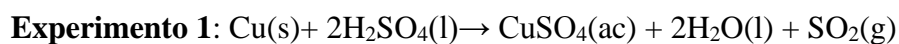
El uso de los experimentos en este estudio fue inspirado por el hecho de poner gran énfasis en actividades prácticas como herramientas de aprendizaje de las ciencias. Las hojas de trabajo desarrollados fueron sugerentes y estaban destinadas a evaluar la comprensión de los estudiantes con respecto a las reacciones químicas. La técnica de Predice–Observa–Explica (POE) adoptada por Kala et al., (2013) se utilizó en los dos experimentos. El método de predecir, observar y explicar (POE) originado por White y Gunstone y descrito en detalle por Ebenezer, y Connor (1998) fue aprobada en los experimentos. En el método de POE, los estudiantes se enfrentan a una tarea experimental y a predecir, observar y explicar lo que sucede cuando se lleva a cabo el experimento.

Según Kala et al., (2013) esta técnica permite a los docentes diagnosticar la comprensión de conceptos químicos y promueve el aprendizaje significativo en los estudiantes. Boo (1998) menciona los estudios de Frazer, Gabel, Gabel, Sherwood and Lythcott, mostrando que los estudiantes pueden producir respuestas correctas a diversos tipos de problemas, incluidos aquellos que implican reacciones químicas cuando carecen de una adecuada comprensión de los

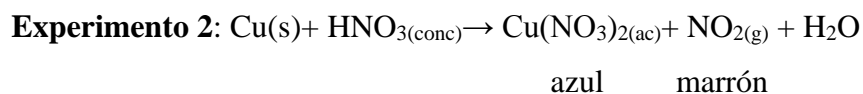
conceptos químicos subyacentes. Sostiene, además, que los estudiantes pueden tener éxito sin lograr una comprensión real del mismo. Esto pone aún más de relieve la utilidad de la técnica de POE en la realización de experimentos.

El uso del método de POE debería permitir al profesor tener una comprensión clara de los conocimientos previos de los estudiantes, su nivel de comprensión de los conceptos ya enseñados, así como la identificación de sus ideas erróneas, si hay alguna. Los estudiantes que participaron en este estudio tuvieron que contestar todas las preguntas de predicción antes de realizar el experimento. Durante los experimentos, tenían que escribir los acontecimientos observados. Por último, debían comparar sus predicciones con las respuestas reales.

El primer experimento fue una demostración por parte del maestro para la reacción entre el cobre y el ácido sulfúrico.



El segundo experimento (basado en la ecuación química de abajo) fue realizado por los estudiantes en grupos de 5, utilizando el mismo método de predecir, observar y explicar utilizadas en el *experimento 1*.



Con respecto al *experimento 1*, antes de que se llevara a cabo la reacción, se pidió a los estudiantes que identificarán y observarán: (i) los colores de cada elemento y el estado de agregación para cada reactivo; (ii) los colores y el estado de cada producto. Esto les permite identificar fácilmente los productos formados, especialmente si se presentara algún cambio significativo de color. Después de la reacción, los estudiantes tendrían que responder: (i) ¿qué ocurrió en la reacción?; (ii) En la reacción ¿hubo desprendimiento de gas? o (iii) cualquier cambio de color de los productos, es decir, de la disolución. A partir de estas observaciones tenían que identificar los productos formados y explicar cómo se formaron con referencia a dos medias reacciones, reacciones de oxidación y reducción.

En el *experimento 2*, antes de que se haya producido la reacción los estudiantes tenían que hacer la misma serie de acciones que hicieron en el *experimento 1*. Tras la reacción, los

estudiantes tenían que observar cualquier cambio de color en los productos, es decir, de la disolución, así como de los metales o cualquier otro cambio observable. A partir de estas observaciones, tenían que identificar los productos formados y explicar cómo se formaron con referencia a dos medias reacciones, reacciones de oxidación y reducción.

Al hacer los experimentos, los estudiantes tenían que trabajar en equipos. Cuando los estudiantes trabajaron en equipos se les ofreció la oportunidad de interactuar verbalmente, compartiendo así sus comprensiones y los conocimientos que habían adquirido. El trabajo en equipo puede contribuir a mejorar la calidad de las respuestas a los problemas por parte de los estudiantes ya que esto requiere de su habilidad de pensar. La distribución del grupo en equipos brinda también una oportunidad para aprender a contribuir y recibir ideas, defender sus ideas y aceptar las ideas de otras personas (Ramorogo, 1998).

Según Reid y Yang (2002), trabajar en equipos permite a los estudiantes expresar sus conocimientos previos y posteriormente modificarlos. Sin embargo, Reid y Yang (2002) también considera que el número de participantes en un grupo debe delimitarse. De acuerdo con Grant (1978) y Heller and Hollabaugh (1992) sugieren como razonable tres estudiantes por equipo para una óptima interacción. En un grupo de dos miembros, un alumno puede sentirse desconcertado con un compañero que no coopera. Al mismo tiempo, si el equipo es demasiado grande, algunos alumnos podrían no participar.

Sin embargo, habiendo trabajado con tres estudiantes por equipo durante el estudio piloto para el logro del objetivo principal, los equipos se formaron con cinco estudiantes cada uno de ellos con funciones específicas a desempeñar. Trabajando con tres estudiantes por grupo, se invirtió demasiado tiempo pues eso significaba tener alrededor de 14 a 16 equipos por clase y, por tanto, se tenía la incapacidad de respetar y ayudar a todos ellos tan eficazmente como habría deseado.

3.5.4 Cuestionarios de los estudiantes

Un cuestionario es una forma más cómoda y fácil de recopilar datos en virtud de la cual un encuestado se le da un formulario con preguntas o afirmaciones que se rellena. Hernández,

(2000); Osorio (2000), perciben un cuestionario como similar a una entrevista, ambos intentan obtener el sentimiento, las actitudes, creencias, experiencias o actividades de los encuestados. En este estudio, cuatro cuestionarios fueron administrados. Los coeficientes de correlación resultante de los tres cuestionarios basados en percepciones de los mapas conceptuales, el tema de reacciones rédox y los experimentos fueron 0.82, 0.88 y 0.91 respectivamente. Al final de las tres semanas de estudio, los estudiantes recibieron los cuestionarios y supervisados por el docente durante el llenado de los mismos. Esto era para asegurar que lo entendieran y también para poder aclarar cualquier duda.

En este estudio, las percepciones de los estudiantes se han tomado en conocimiento para proporcionar una imagen completa de las interacciones en el aula. Por lo tanto, se elaboraron tres cuestionarios para examinar las percepciones de los estudiantes con respecto al tema, se aplicaron para determinar sus puntos de vista y sus experiencias durante el estudio de este tema.

El *primer cuestionario* buscó determinar su percepción del tema sobre las reacciones rédox (ver **ANEXO 6**). El cuestionario consta de tres elementos principales, que van desde cómo la lección fue presentada para la comprensión de los conceptos involucrados. Los estudiantes tenían que estar de acuerdo o en desacuerdo con cada tema. Después de cada instrucción se brindó un espacio para que los estudiantes pudieran explicar por qué estaban de acuerdo o en desacuerdo con la declaración. Esto con la intención de que aportaran más ideas sobre cómo se ejecutó la lección, así como expresar sus propias perspectivas sobre el proceso de enseñanza–aprendizaje.

El *segundo cuestionario* se basa en el experimento que consta de 12 preguntas (ver **ANEXO 7**), que tenían que clasificar de uno a tres. Una clasificación de 3 significaba totalmente de acuerdo, 2 de acuerdo y 1 para en desacuerdo. Las tres primeras preguntas se basan en su actitud hacia la hoja de trabajo. El lenguaje utilizado podría haber afectado sus actitudes, la claridad de los temas, así como su comprensión de los conceptos involucrados.

Aunque el profesor estaba allí para ayudar a los estudiantes con el llenado del cuestionario, algunos eran tímidos para preguntar cualquier duda. Las siguientes tres preguntas se relacionan con la parte experimental y comprensión de la lección. La tercera corresponde a tres preguntas relacionadas con el efecto del trabajo en equipo, sobre su desempeño, así como su capacidad para responder a los elementos de la hoja de trabajo. Las tres últimas declaraciones se basan en las

ventajas y desventajas de usar una hoja de trabajo. Se brindó un espacio para que los estudiantes pudieran agregar algún comentario que, a su juicio, deberían haber sido proporcionados en el cuestionario.

3.5.5 Entrevistas

Los orígenes de la entrevista se remontan a los primeros tiempos de los griegos y romanos. Posteriormente fue perfeccionado por Piaget y sus colegas en Suiza (Novak y Gowin, 1984). A lo largo de los años muchos investigadores han criticado y han intentado perfeccionar la técnica de la entrevista. Las entrevistas pueden ser utilizadas para propósitos diferentes dependiendo del enfoque utilizado. Según Furió y Carnicer, (2000) la entrevista se utiliza cuando un investigador quiere obtener información confiable y válida en el formulario de respuestas verbales por parte de los encuestados, a fin de confirmar o rechazar la hipótesis.

Para examinar más detenidamente las percepciones de los estudiantes respecto al método de enseñanza y el aprendizaje, fueron realizadas dos entrevistas, una no directiva basada en las percepciones de los estudiantes sobre el programa guía y otra entrevista enfocada a la comprensión y la percepción de los estudiantes sobre la problemática del agua potable fluorada.

3.5.5.1 Entrevista sobre las percepciones de los estudiantes del programa guía

La primera entrevista fue utilizada para explorar las percepciones de los estudiantes sobre el uso del programa guía de actividades y en la cual se manifestaba la comprensión conceptual de las reacciones químicas. El argumento de los estudiantes se centró sobre las siguientes cuestiones:

- i) ¿Eres capaz de utilizarlo, ya sea en la química o en cualquier otro tema?
- (ii) ¿El uso del programa guía representa una ventaja para la comprensión de este tema en comparación con los temas anteriores?
- (iii) ¿Se puede recomendar su uso en otros temas, así como a otros profesores?

Esta fue una entrevista en equipo, con la participación de los estudiantes, de acuerdo con Furió (1998) quién afirma que el uso de entrevistas en grupo es... necesario a causa de la

evidente reducción de tiempo y materiales, sino también porque al entrevistar a los estudiantes en un grupo ayuda a recrear mejor las ideas acerca de las experiencias en el aula que cuando los estudiantes son entrevistados de manera individual. Además afirma que la entrevista en grupo reduce el estrés.

3.5.5.2 Opinión de los estudiantes sobre las bebidas embotelladas como fuentes adicionales de exposición a flúor. Artículo Científico

El tema de la fluoración del agua se introdujo como un ejemplo de una reacción química. El objetivo fue hacer que los alumnos sean conscientes de la constante polémica en torno a la fluoración del suministro público de agua. Se discutieron las ventajas y desventajas, señalando tanto las opiniones positivas como negativas de la fluoración, y todos los alumnos recibieron notas de fotocopiado, de material en Internet así como noticias sobre el tema. El objetivo es asegurar que cada estudiante tuviera suficiente información acerca del proceso de fluoración. Se formularon seis preguntas durante la discusión, las cuales se refieren a:

1. La comprensión de la fluoración por parte de los estudiantes;
2. Sus opiniones acerca del flúor en la pasta de dientes para la prevención de la caries dental;
3. Su percepción respecto a los efectos de masticar o no chicle sobre la caries dental;
4. El uso o falta de calcio en la pasta de dientes;
5. Sus percepciones sobre la lógica de beber agua fluorada para prevenir las caries en lugar del uso de la pasta de dientes y
6. La pertinencia de fluoración en la lección.

La discusión fue seguida por una lluvia de ideas destinada a explorar la comprensión de los estudiantes sobre la fluoración y cómo la discusión del tema podría tener un efecto en la comprensión de las reacciones químicas. Según Merriam (1988) este tipo de estudio sobre la fluoración corresponde a un estudio de caso.

3.6 Análisis de datos

Debido al enfoque ecléctico utilizados tanto en la enseñanza de las actividades y la evidencia de los datos, estos fueron analizados usando descripciones cualitativas y cuantitativas. Para el análisis de los datos cuantitativos, se utilizó una estadística descriptiva incluyendo la

media, la desviación estándar y los porcentajes. La inferencia estadística utilizada fue la *prueba t* y el análisis de la varianza (ANOVA).

Los datos cualitativos se obtuvieron a partir de escuchar sus comentarios y respuestas a los cuestionarios y de las explicaciones dadas a la respuestas de la *prueba de logros*. Las respuestas obtenidas a partir de estas dos fuentes fueron analizadas en términos de las descripciones cualitativas en forma de extractos derivados de las declaraciones de los estudiantes sobre las cuestiones relativas a la reacción química de oxidación y reducción, la eficacia o ineficacia del programa guía así como sobre el tema de la fluoración.

3.7. Diseño para contrastar las actitudes del alumnado hacia la nueva propuesta de enseñanza de oxidación y reducción.

En el apartado anterior se han realizado diseños para evaluar la mejora del aprendizaje logrado con la nueva propuesta de enseñanza de oxidación y reducción. Sin embargo, otro de los aspectos en los que incide el modelo de aprendizaje es el actitudinal, favoreciendo que los alumnos no sólo aprendan más, sino además, mejor. Presentamos el diseño (**ver anexo 7**) realizado para evaluar la influencia del nuevo modelo de enseñanza/aprendizaje en la actitud de los alumnos. Por un lado, se ha realizado un cuestionario con sentencias sobre los contenidos que se han trabajado en la propuesta alternativa, los materiales utilizados, las estrategias didácticas seguidas, y la satisfacción global del alumno en el aprendizaje del concepto de oxidación y reducción.

Los alumnos deben elegir en una escala de Likert adaptada a una valoración más interiorizada en el alumno, que va de 0 a 10 según su acuerdo o desacuerdo con las sentencias del cuestionario.

Capítulo 4

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En línea con los resultados de aprendizaje de hacer ciencia de modo que a los estudiantes les sea de utilidad para interpretar fenómenos de su vida cotidiana, el propósito de este estudio fue determinar las concepciones alternativas de los estudiantes del segundo curso de química del nivel medio superior con respecto a las reacciones de oxidación y reducción. Utilizando como ejemplo práctico la fluoración, involucrando reacciones químicas, lo cual representaría un tema controversial y podría despertar el interés por los estudiantes. Además, la investigación orientada como modelo de resolución de problemas fue utilizada como una estrategia instruccional para despertar el interés de los estudiantes en el área de la química. El desarrollo de un programa guía de actividades o materiales contextualizadas junto con la realización de experimentos contribuyeron a: (1) mejorar la comprensión de los estudiantes de bachillerato en el tema de reacciones de oxidación y reducción y (2) motivar el interés de los alumnos en los temas científicos socialmente pertinentes (Hesse y Anderson, 1992; Novak y Gowin, 1984; Roth, 1994; Soudani et.al, 2000; Stavridou y Solomonidou, 1998).

El propósito del estudio fue:

- Explorar el conocimiento de los estudiantes sobre los conceptos relacionados con las reacciones químicas, en particular de oxidación y reducción.
- Examinar la eficacia o ineficacia de la investigación orientada en la creación de la conciencia de los estudiantes sobre las reacciones químicas y en la solución de problemas relacionados.
- averiguar si el programa guía de actividades (es decir, materiales estaban contextualizados y eran pertinentes con la estrategia instruccional) ayudaron a crear en los estudiantes el conocimiento acerca del concepto de oxidación y reducción, en contexto con la problemática de la fluoración, sus beneficios y riesgos para la especie humana.

Las actividades experimentales y el estudio de caso respecto a la fluorinación se aplicaron a todos los estudiantes, sólo el programa guía constituyó el tratamiento diferenciado entre el grupo experimental (g-405) y el verdadero grupo control (g-406). Como se indica en el capítulo 3, g-407 se incluyó para controlar posibles pre-efecto de prueba.

En cumplimiento con la finalidad del estudio, ocho actividades, descritas en el programa guía, fueron utilizados para recopilar los datos. Los datos obtenidos se analizaron cuantitativamente y cualitativamente. Los instrumentos utilizados para recopilar los datos son: la Prueba de Logros de Reacciones de Oxidación y Reducción; una hoja de trabajo en referencia a los dos experimentos; los tres cuestionarios; y las dos entrevistas con alumnos. El objetivo de este capítulo es analizar los resultados en términos de las preguntas de investigación planteadas en el capítulo uno y de acuerdo con en el propósito de investigación antes mencionado.

El análisis estadístico se realizó con el fin de determinar el efecto del tratamiento, para conocer, si la propuesta de investigación orientada y el programa guía de actividades sobre la comprensión de las reacciones de oxidación y reducción por parte de los estudiantes resulto tener un efecto significativo sobre el aprendizaje de este tema. Los datos cualitativos obtenidos en las entrevistas y los cuestionarios fueron cuidadosamente analizados y presentados en forma de extractos para corroborar los datos cuantitativos. Los resultados basados en este procedimiento analítico se presentan en las siguientes secciones.

Primera parte

4.1 Prueba de Logros de las reacciones de oxidación y reducción

Como se mencionó en el capítulo 3, la *prueba de logros* que consta de 33 preguntas, se agrupan en tres grandes temas: reacciones de oxidación y reducción de la vida cotidiana; enlace químico y reacciones químicas. Además, como se mencionó en el capítulo 3, la prueba inicial y final con relación al logro del aprendizaje de este tema fueron aplicadas tanto al grupo experimental (g405) y al grupo control 1 (g406), mientras que para el grupo control 2 (g407) solo

se aplicó la prueba final. Como se puede ver en la tabla 9 de cada grupo, con la excepción de *g407*, se tenía un número igual de mujeres y hombres para reflejar la población de cada grupo con respecto al género (**Tabla 9**). Como se indicó anteriormente, el análisis de los datos obtenidos de la prueba de logros, permitió determinar el efecto del tratamiento: el uso de un programa guía, y los experimentos provocaron una modificación en sus concepciones alternativas respecto a la reacciones de oxidación y reducción.

Tabla 9. Frecuencia de los estudiantes implicados en cada uno de los grupos en los grupos de estudio

Grupo	Masculino	Femenino	Total
405	10	20	30
406	15	15	30
407	13	17	30
Total	38	52	90

4.2 Las concepciones alternativas con relación a las reacciones de oxidación y reducción.

4.2.1 Resultados de la evaluación inicial

La media es una estadística de gran utilidad para medir el concepto de promedio en una distribución. Mide los valores de cada puntuación en una distribución y constituye un componente importante en la interpretación de la tendencia central. Sin embargo, es muy sensible y puede ser fácilmente afectado por las puntuaciones extremas en una distribución. Por lo tanto, para evitar los errores de interpretación, es preferible convertir las puntuaciones medias en porcentajes (Ogunniyi, 1984, 1992). Basándose en los porcentajes de las puntuaciones medias, es evidente que, para el *g406*, menos de una quinta parte de los estudiantes obtuvieron respuestas válidas respecto a la concepción de reacciones químicas en la etapa inicial (**Tabla 10**).

Tabla 10. Puntajes obtenidos por los estudiantes en la prueba de logros de la evaluación inicial

Grupo	N	promedio	%	Desv. estándar
405	30	6.40	19.4	2.55
406	30	6.30	19.1	2.44
$t_{\text{obs}} (0.18) < t_{\text{crit}} (1.99)$				
405	25	6.48	19.6	2.62
405	15	6.33	19.2	2.41
$t_{\text{obs}} (0.03) < t_{\text{crit}} (2.02)$				
406	25	6.76	20.5	2.41
407	15	5.6	17.0	2.33
$t_{\text{obs}} (0.23) < t_{\text{crit}} (2.02)$				

De acuerdo a los porcentajes obtenidos con valores del 19.4 y 19.1 para *g405* y *g406* respectivamente, es obvio que son muy bajos. Sin embargo, las desviaciones estándar (2.55 y 2.44 respectivamente) son relativamente bajas indican que los dos grupos son muy comparables. Las puntuaciones de la prueba para ambos grupos se situaron en 0.18. Este valor es menor que el valor crítico necesario para rechazar la hipótesis nula, es decir, 1.99.

Dado que el valor obtenido es menor que el valor crítico, no podemos rechazar la hipótesis de sugerir ninguna diferencia significativa entre la prueba del grupo experimental y el grupo control. Esto refuerza la idea de comparar los dos grupos en la prueba inicial. En este sentido, y sobre la base de los rigores del diseño de la investigación, cualquier diferencia en la prueba final, si los hubiere, puede atribuirse al tratamiento.

Basado en las puntuaciones de la prueba de *t*-Student para la prueba inicial, no hubo diferencia significativa entre los grupos, respectivamente, indicando así la comparabilidad de los dos grupos. La diferencia de la media porcentual de ambos grupos resulto aproximadamente de 0.8 esto sugiere que el grupo 406 tiene ligeramente una mejor comprensión del tema.

Sin embargo, cuando los valores fueron sometidos a análisis *t*-Student, la diferencia entre los grupos, fueron de 0.03 y 0.23 respectivamente, los cuales son inferiores al valor crítico de 2.02 necesario para rechazar la hipótesis en $p = 0.05$. Así, las diferencias entre ambos grupos no son estadísticamente significativas en la etapa de la prueba final.

4.2.2 El rendimiento de los alumnos basado en los tres temas principales en la fase inicial

El logro de los estudiantes en términos de porcentaje de rendimiento para los tres temas (reacciones de oxidación y reducción en la vida cotidiana, intercambio de electrones y reacciones químicas redox) se describen en la **Figura 11**. Además, para facilitar la interpretación y la comparación, los porcentajes de las respuestas fueron organizados en un orden descendente.

Un examen minucioso de la **Figura 11** revela que las puntuaciones de los estudiantes en la prueba inicial para el grupo 405 y el grupo 406 oscilan entre el 6% al 36%, respectivamente. El promedio total obtenido del instrumento de aplicación fue aproximadamente del 19%. Ninguna de las preguntas respecto a las reacciones químicas, D, I, J y K para ambos grupos, así como las preguntas F y G para el grupo experimental fueron respondidas de manera correcta por los alumnos. La pregunta A, correspondía al tema de las reacciones de oxidación y reducción de la vida cotidiana, por ejemplo, la reacción entre el ácido clorhídrico (HCl) y el cloruro de sodio (NaCl) obtuvo el porcentaje más bajo de las respuestas correctas (8% para g405 y 3% para g406).

Esto es indicativo de que los estudiantes poseen conocimientos deficientes respecto a lo que sucede cuando un ácido reacciona con la sal. Uno podría haber supuesto que los estudiantes están familiarizados con este tipo de reacciones desde el curso de Química I, pero no fue el caso. El punto F, con el tema de enlace químico, “cuando se transfieren o aceptan electrones depende de...” también obtuvo un porcentaje bajo de respuestas correctas (8% para E y 3% para 406). Las respuestas de los estudiantes a este tema indican su dificultad de entender cómo se unen los átomos.

La mayoría de los alumnos dieron respuestas que estaban lejos del concepto por ejemplo de valencia, oxidación, electrones, protones, catión, etc., pero principalmente valencia y electrones. Las preguntas, con el mayor porcentaje de respuestas correctas correspondientes al tema de enlace químico fue la A con 50%, para E y H, relacionadas con el intercambio de electrones, fue para 406. Esto sugiere que la mayoría de los alumnos tienen una idea previa con respecto a la transferencia de electrones.

El rendimiento total de los estudiantes por tema para los *g405* y *g406*, respectivamente, en la prueba inicial, fueron como sigue: reacciones cotidianas 20% y 18%; transferencia de electrones 19 % y 23% e identificación de una reacción química tipo rédox 9% y 8%

En resumen, podemos observar que los resultados obtenidos fueron:

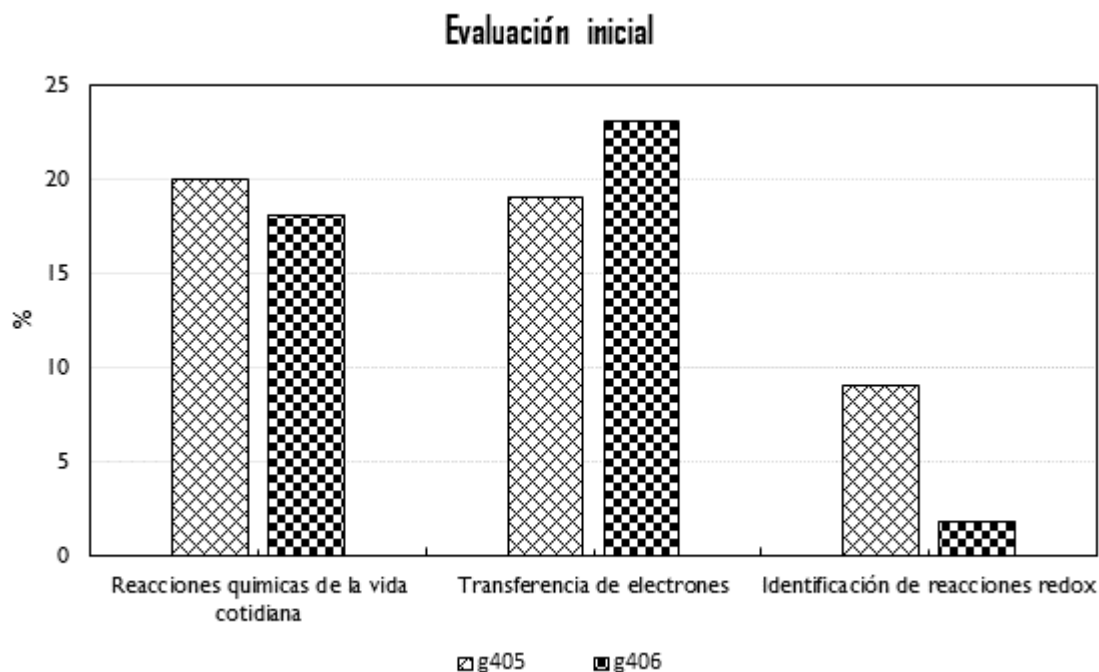


Figura 11. Porcentajes de respuestas correctas a cada elemento de la prueba de logros en la evaluación inicial

Esto demuestra, que los estudiantes del *g406* interpretan ligeramente mejor las reacciones de oxidación y reducción de la vida cotidiana, mientras que el grupo *g405* muestra mejores logros con respecto al tema de enlace químico en la prueba inicial. Pero como se indicó anteriormente, las diferencias no fueron estadísticamente significativas. Más adelante veremos si la intervención didáctica muestra alguna diferencia para su logro. Pero antes de hacer esto, es necesario analizar el rendimiento de los estudiantes en mayor detalle.

4.2.2.1 Las reacciones de oxidación y reducción en la vida cotidiana

Las reacciones químicas no ocurren sólo en un laboratorio de ciencias, también se producen en la vida cotidiana aunque generalmente no sean comprendidas como tal. La enseñanza científica tiene como objetivo ayudar a los estudiantes a entender el mundo natural y los

fenómenos de una manera más científica, el maestro necesita averiguar si sus estudiantes realmente utilizan los conocimientos adquiridos en la escuela para explicar los fenómenos físicos y químicos que ocurren en la vida cotidiana (Hesse y Anderson, 1992; Saudani et al, 2000; Stavridou y Solomonidou, 1998).

En el apartado correspondiente a las reacciones químicas en la vida cotidiana, a los estudiantes se les pidió respondieran una serie de preguntas de opción múltiple respecto a reacciones que ocurren en su entorno cotidiano. También se les solicitó clasificar estas reacciones, ya sea como, ácido–base, rédox, de precipitación o reacciones de disociación. Se incluyen reacciones tanto de química y biología. El cuestionario de opción múltiple se aplicó para ayudar a visualizar la naturaleza de la comprensión y de las dificultades que involucra el tema de las reacciones rédox por los estudiantes, sino también con otros conceptos interrelacionados con el tema. Los resultados del apartado “*Reacciones de la vida cotidiana*”, se muestran en la **Figura 12**.

El rendimiento de los estudiantes en estos temas indica que los dos grupos tienen muy poca comprensión de estas reacciones que se dan comúnmente en sus hogares. Sus respuestas correctas oscilan entre 7% y 33% para *g405* y 3% y 30% para *g406*.

Como se mencionó anteriormente, se les solicitó a los estudiantes identificar una serie de reacciones como: A: ácido–base; B: rédox; C: precipitación y D: reacción de disociación. La secuencia de las respuestas correctas sobre el tema de reacciones en la vida cotidiana es el siguiente:

Ítem C, hace referencia a la formación de óxido en una lámina de hierro. Los estudiantes, tanto en *g405* como *g406* obtuvieron la puntuación más alta 33%. Casi dos tercios de los estudiantes identifican el ítem como reacción ácido–base, probablemente debido a la presencia del ácido.



Figura 12. Porcentajes de respuestas correctas a cada elemento de la prueba de logros en la evaluación inicial (*reacciones químicas de la vida cotidiana*).

Ítem D, está referido como combustión, clasificado como 2 y 7 para *g405* y *g406* es decir, 30% y 18%, respectivamente. Esto podría ser debido a la reacción de oxidación aprendido en química I. Un buen número de estudiantes identificaron esta reacción como opción D, reacción de disociación, probablemente debido a sus conocimientos previos de química I en la que esta reacción da como resultado la formación de dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O). Para los estudiantes (designado como E_1 , E_2 , E_3 , etc) el petróleo se transforma en CO_2 y H_2O . Las siguientes respuestas podrían ilustrar sus tendencias de pensamiento:

E_1 : Considero que la gasolina en un coche se transforma en CO_2 y vapor de agua, por lo que se disocia (*g405*)

E_1 : El petróleo se quema separándose en gas y vapor (*g406*)

Ítem I, se trata de frotar una barra de ebonita, ocupando la tercera posición para *g405* y cinco para *g406* es decir, 28% y 23%, respectivamente. Durante la discusión, algunos de los estudiantes reconocieron la naturaleza eléctrica de la materia (varilla de ebonita) considerando

por lo tanto que se trate de una reacción rédox, probablemente basándose en su conocimiento previo del estudio de cargas eléctricas.

E₂: Cuando se frota la barra de ebonita, los electrones son removidos de la tela, por lo que puede ser un fenómeno rédox o algo así..., pero considero que...no corresponde a A, C o D (g405).

Ítem E, hace referencia a la corrosión de metales, ocupa el lugar cuatro y tres para *g405* y *g406*, respectivamente. Ambos grupos obtuvieron un 25% en este ítem. Muchos estudiantes identifican esta reacción como una precipitación. Los estudiantes creen que durante la oxidación se forma un depósito, optando por lo tanto para C, la precipitación. Por ejemplo, según:

E₂: En la corrosión del metal se forma sobre la superficie del metal una película (o capa) debido a...la precipitación (g406)

Ítem B, está relacionado con la reacción entre la lámina de zinc y el ácido clorhídrico, ocupa la posición cinco y dos para *g405* y *g406*, respectivamente, con el 23% y 30% de respuestas correctas. Los estudiantes podrían haber deducido su respuesta por la presencia del metal e identificarla como reacción de oxidación y reducción, derivado de que a los estudiantes se les indica que los metales pierden electrones (ver Saudani et al., 2000). Sin embargo, algunos de los estudiantes consideran esta reacción como reacción ácido–base (opción A).

Ítem K, aborda el proceso de la respiración, ocupa la posición seis para *g405* y *g406*. Las puntuaciones alcanzadas son 20 y 23%, respectivamente. Varios estudiantes identificaron esta reacción como de disociación.

Para E₃: La respiración, significa inhalar oxígeno, pensándolo bien..., no puede ser A, no es un ácido, no corresponde a C ya que no se forma un sólido, no es de oxidación y reducción porque no hay reacción química, por lo tanto considero que se trata de una disociación (g405).

Ítem H, la disolución de cloruro de sodio en agua, ocupa la posición siete y once para *g405* y *g406*, es decir, 18% y 10%, respectivamente. Muchos de los estudiantes identificaron esta

reacción del NaCl en H₂O como una reacción ácido–base. Los estudiantes identifican erróneamente como una base al NaCl y al H₂O como un ácido.

El **Ítem F**, aborda el pardeamiento de la manzana, ocupando la posición ocho y diez para *g405* y *g406*, es decir, 15% y 10% dieron las respuestas correctas. Varios estudiantes identificaron este proceso como una precipitación, probablemente porque pensaban que la alteración de la coloración era un depósito, en este caso la precipitación parecía la respuesta correcta. Un ejemplo en este sentido fue hecho por E₃ a continuación:

E₃: *Las bacterias forman una capa que se precipita sobre la manzana cuando se corta cambiando su color a marrón y oscureciéndola (g406).*

El **ítem J**, aborda la cuestión de tratar de limpiar un material de latón con Brasso, ocupó la posición nueve y ocho para *g405* y *g406*, es decir, 15% y 13% respectivamente. Para un número de estudiantes la función de limpieza de Brasso corresponde a una disociación.

Ítem G, corresponde a la reacción entre un clavo y blanqueador de ropa, ocupando la posición diez y cuatro para *g405* y para *g406*, es decir, 13% y 23%, respectivamente. Aunque este es un oxidante común de la casa, muchos estudiantes clasifican esta reacción como ácido–base, probablemente debido a la presencia del metal.

El **ítem L**, aborda un concepto biológico referido a la fotosíntesis, ocupando la posición once y nueve para *g405* y *g406*, respectivamente, resultando en un 13% de las respuestas correctas para ambos grupos. Muchos estudiantes no pudieron clasificar este concepto, comentando que no correspondía a una reacción. Por ejemplo:

E₄: *La fotosíntesis...mmm...está difícil, pero creo que no es una reacción química, es más bien biológica (g405)*

E₄: *La fotosíntesis es biológica no física y A, B, C y D son físico, entonces ninguno de los anteriores (g406).*

El **ítem A**, que trata del proceso de reacción entre el ácido clorhídrico (HCl) y el cloruro de sodio (NaCl), obtuvo la puntuación más baja con respecto a la respuesta correcta, 8% y 3%,

respectivamente, para g405 y g406. La mayoría de los estudiantes seleccionaron la opción A, referida a una reacción ácido–base. Argumentaron que el HCl es un ácido y el NaCl es una base.

E5: Esta es una reacción de un ácido, HCl y una sal, NaCl, por lo que es A (g405).

E5: La mayoría de las sales de sodio son bases y HCl es un ácido, y la reacción es el ácido y la base (g406).

Respuestas de los estudiantes a los ítems H y A indican claramente que dieron respuestas rápidas sin prestar demasiada atención a la pregunta (véase Gil–Pérez y Carrascosa, 1990). Puesto que estas reacciones tienen HCl y la otra tiene Na probablemente asumieron que las dos sustancias representan reacciones ácido–base.

4.2.2.2 Intercambio de electrones

Los profesores de química, están de acuerdo en que la comprensión del concepto de enlace químico es fundamental en el aprendizaje de la química. Este entendimiento es esencial para el aprendizaje de las reacciones químicas. La mala comprensión de este concepto impedirá el aprendizaje de cualquier otro concepto de química. Así, la inclusión del tema de enlace químico añade valor a este estudio de investigación. La comprensión de enlace químico se exploró adicionalmente a través de una prueba de opción múltiple. El uso de esta prueba estuvo destinada a probar la capacidad de lectura de los estudiantes, así como su comprensión de los conceptos que se resumen en el texto. El análisis de la confiabilidad de este apartado se basó en el índice de Bormuth (1968) y se presenta a continuación (**Tabla 11**).

Tabla 11: Resultados a la prueba de los alumnos sobre intercambio de electrones

	g405	g406	Descripción
Puntuaciones %	n (%)	n (%)	
90–100	–	–	Nivel independiente
80–89	–	–	Nivel instruccional
75–79	–	–	
60–74	1 (2,5%)	2 (5%)	
50–59	2 (5%)	2 (5%)	Nivel de insatisfacción
40–49	5 (22,5%)	4 (10%)	
30–39	4 (10%)	6 (52%)	
16–29	8 (25%)	8 (32%)	
0–15	10 (35%)	8 (44%)	
Total	30	30	

n: número de estudiantes; (%): Porcentaje de estudiantes; NB: Nivel Independiente = estudiantes pueden leer y comprender; Nivel Instruccional = estudiantes que sólo pueden leer y comprender con la orientación del profesor; Nivel de insatisfacción = los estudiantes no pueden leer o comprender y pueden mostrar poco progreso incluso con la ayuda de los profesores.

El uso de la categoría de legibilidad de Bormuth (ver Tesfai, 2001), todos los estudiantes de ambos grupos, 405 y 406, en la etapa de la prueba inicial está en el nivel de insatisfacción. Un análisis detallado de estos resultados muestra que los rangos de rendimiento de los alumnos van de 0% a 74% para ambos grupos. Esto muestra que la mayoría de los estudiantes en la etapa inicial están en la escala más baja del índice de legibilidad y tienen dificultades para leer y comprender un texto.

Esto implica que los estudiantes que realizaron la prueba inicial, tienen una comprensión errónea del concepto de enlace químico y por lo tanto, de las reacciones químicas. Esto también implica que estos estudiantes podrían tener dificultad en el logro del objetivo aun con la ayuda del profesor (ver Tewolde, 2001). La capacidad de lectura de los estudiantes será explorado más a fondo en la etapa posterior a la prueba.

Para la comparación de los dos grupos con respecto al apartado de intercambio de electrones, se analizan los resultados obtenidos los cuales se presentan en la **Figura 12**. Esta figura revela que el *grupo 406* superó al *grupo 405* en casi todos los ítems excepto los ítems A, C y F. Los resultados del *g405* y *g406* sobre este apartado fueron de 19% y 23%, respectivamente. Las bajas puntuaciones obtenidas por los estudiantes en este tema sugieren que tienen un bajo entendimiento del concepto.

Desde que se les dio palabras para completar, uno habría esperado a que alcanzaran mejores resultados. Esto confirma aún más los resultados obtenidos a partir de la escala la legibilidad de la Bormuth (1968) como se muestran en la **Figura 13**. Los ítems en este tema fueron posteriormente analizados utilizando las puntuaciones obtenidas por ítem como se muestra en la **Figura 13**. La secuencia de respuestas correctas sobre intercambio de electrones se muestra en un orden descendente:

Transferencia de electrones

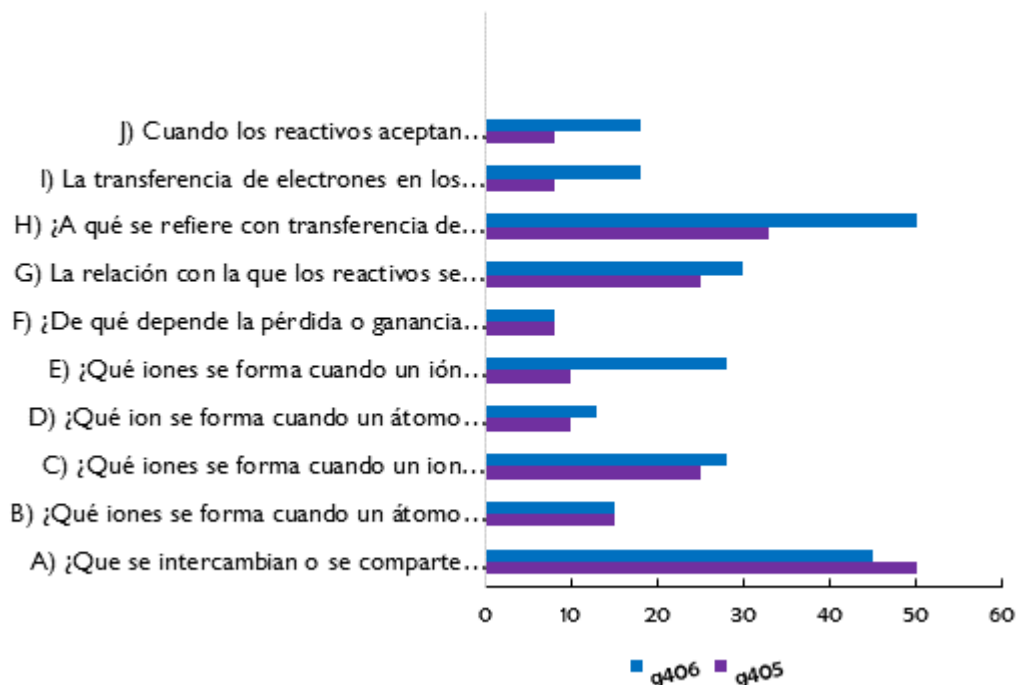


Figura 13. Porcentajes de respuestas correctas a cada elemento de la prueba de logros en la evaluación inicial (*transferencia de electrones*).

Ítem A, trata de averiguar si los estudiantes entienden lo que ocurre a nivel submicroscópico, es decir el intercambio o compartición de electrones en una reacción química, se obtuvieron un buen número de respuestas correctas, ocupando la posición uno y dos, es decir el 50% y el 45% para *g405* y *g406*, de respectivamente. Esto podría atribuirse a sus conocimientos previos sobre la base de lo aprendido en los cursos anteriores de enlace químico haciendo hincapié en la transferencia de los electrones. Se esperaba que los estudiantes tuvieran la mayoría de las respuestas correctas a este apartado pero no fue el caso. Los estudiantes muestran concepciones alternativas como son la compatibilidad química de iones (cationes/aniones), etc., como respuestas en lugar de electrones. Los siguientes extractos reflejan sus concepciones:

E₁: durante una reacción rédox se comparte o se intercambian iones (g-405).

E₁: durante una reacción de reducción se pierden iones...algo parecido a las reacciones ácido y base... (g-406).

El **ítem A** seguido por el **ítem H**. El ítem H pretendía averiguar lo que los estudiantes sabían con respecto al proceso de intercambio de electrones. Sus respuestas se posicionan en el lugar dos y uno para *g405* y *g406*, es decir, 33% y 50%, respectivamente. Los estudiantes, que respondieron incorrecto al ítem A, obtuvieron este ítem también incorrecto. Otras respuestas incluyen, por ejemplo, protones, más negativo, valencia, electronegatividad y así sucesivamente. Este tipo de respuestas indican la falta de comprensión por parte de los estudiantes respecto a las reacciones rédox. Los siguientes extractos muestran sus opiniones:

E₂: Este fenómeno se conoce como electronegatividad (g405).

E₂: Este fenómeno se conoce como valencia (g406).

Ítem C, se ocupa de averiguar qué ión se forma cuando un metal pierde electrones. Las respuestas correctas hechas por *g405* y *g406*, ocupan la posición tres y ocho, las cuales corresponden al 25% y 13% respectivamente. Algunas de las respuestas erróneas dadas por los estudiantes fueron las siguientes:

E₃: Si el reactivo que transfiere electrones era un ion positivo, entonces se convertirá en protón (g405).

E₃: Si el reactivo que transfiere electrones era un ion positivo, se convertirá en un ion oxidante (g406).

Ítem G, se ocupa de averiguar si los estudiantes sabían de qué depende la proporción con la que se combinan los reactivos. Las respuestas correctas, colocan en la posición cuatro y tres para *g405* y *g406* es decir, 25% y 30%, respectivamente. En la evaluación de las respuestas de los estudiantes había una falta de entendimiento y muy pocas respuestas se pudieron clasificar como conceptos alternativos. Los siguientes extractos intentan ilustrar este punto:

E₄: La relación con la que los reactivos se combinan depende de su oxidación y reducción (g405).

E₄: La proporción con la que los reactivos se combinan depende de sus protones (g406).

El **Ítem B**, intento averiguar lo que los estudiantes saben respecto a la formación de iones cuando un átomo pierde electrones. Las respuestas correctas se situaron en la posición cinco y siete para *g405* y *g406* fueron del 15% para ambos grupos. El poco entendimiento de esta reacción por parte de los estudiantes se ejemplifica de la siguiente manera:

E5: *Si el reactivo que transfiere electrones es un átomo, se convertirá en un ion en la reacción de oxidación y reducción (g405).*

E5: *Si el reactivo que transfiere electrones es un átomo, este se convertirá en un ion negativo (g406).*

Ítem D, trató de evaluar la concepción de los estudiantes respecto a los iones que se forman cuando un átomo gana electrones, la posición seis y nueve para *g405* y *g406*, es decir, 10% y 13%, respectivamente. Algunas de sus respuestas erróneas son:

E6: *Si el reactivo que acepta electrones era un átomo, se convertirá en una especie reducida (g405).*

E6: *Si el reactivo que acepta electrones era un átomo, se convertirá en un ion capaz de aceptar protones (g406).*

Ítem E, que trata de descubrir lo que los estudiantes sabían cuando un ion negativo pierde electrones, ocupando el lugar siete y cuatro para *g405* y *g406* es decir, 10% y 28%, respectivamente. Los siguientes extractos ilustran algunas de las respuestas erróneas dadas por los estudiantes:

E7: *Si el reactivo que acepta electrones es un ion negativo, se convertirá en un ion más electronegativo (g405).*

E7: *Si el reactivo que acepta electrones es un ion negativo, se convertirá en un ion oxidado (g406).*

Los **ítems I y J**, se enfocan a averiguar lo que los estudiantes sabían con respecto a lo que ocurre con el reactivo al transferir o aceptar electrones, respectivamente. Los estudiantes obtuvieron el 8% y el 18% para ambos grupos *g405* y *g406*, ocupando la posición ocho y cinco. Estas son algunas de las respuestas de los estudiantes:

E8: *El reactivo que transfiere electrones es un protón (g405).*

E8: *El reactivo que acepta electrones es el más electronegativo (g406).*

Ítem F, trata de averiguar si los estudiantes sabían que la transferencia o aceptación de electrones de un reactivo, ocupando la posición más baja para el grupo *g405* y *g406*, obtuvieron 8% y el 5% de las respuestas correctas, respectivamente. Los siguientes extractos reflejan su concepción errónea respecto a esta reacción:

E₉: Una reacción de oxidación y reducción, depende de que el reactivo acepte o transfiera electrones (g-405).

E₉: Un reactivo transferirá o acepta electrones, dependiendo de su cantidad de electrones (g-406).

Una evaluación de las respuestas de los estudiantes a los diversos ítems parece demostrar que en la mayoría de los casos, los estudiantes estaban adivinando o simplemente rellenando los espacios en blanco debido a que sus respuestas no tenían sentido. Esto es un indicio más de su pobre capacidad de lectura y comprensión de los conceptos. En los ítems F, I y J, se aborda específicamente las reacciones de oxidación y reducción, los cuales obtuvieron las puntuaciones más bajas. Dado que las reacciones de oxidación y reducción se introducen por primera vez en el nivel escolar de secundaria, se esperaba que los estudiantes hubieran desarrollado una mejor comprensión del concepto. Con más investigación sobre su bajo desempeño en estos ítems, se hizo evidente que los estudiantes no aprendieron adecuadamente el tema en el nivel de secundaria. De hecho, muchos de ellos afirmaron que era la primera vez que estudiaban este tipo de reacciones químicas. Teniendo en cuenta su bajo desempeño en general, bien podría ser que, efectivamente, habían olvidado lo que aprendieron dos o tres años antes.

4.2.2.3 Las reacciones químicas, caso particular la oxidación y reducción

El tema de reacciones químicas se dividió en dos secciones. En la primera sección, a los estudiantes se les dieron cuatro opciones de reacciones químicas. Tenían que describir y explicar los cambios observables que se producían en estas reacciones y luego escribir una ecuación química balanceada de la reacción. En la segunda sección, se les dio siete ítems basados en reacciones de oxidación y reducción (rédox). El objetivo era establecer el conocimiento y la comprensión previa de los estudiantes con relación a las reacciones químicas. Además, este tema había sido motivado por los estudios realizados por Hesse y Anderson (1992) y por Ahtee y Varjola (1998), sobre las concepciones de cambio y la comprensión de reacción química por parte de los estudiantes.

Según Hesse y Anderson (1992), "*Cuando los estudiantes aprenden acerca de los cambios químicos más comunes, ellos deben adquirir conocimiento en tres áreas: conocimiento químico, el razonamiento de conservación, y la exposición de sus ideas.*" Señalan que los estudiantes

deben ser ayudados a entender por qué algunas explicaciones son preferibles a otras. A partir de las observaciones y explicaciones dadas por los estudiantes, fue posible identificar cuáles eran las explicaciones que permanecían o que se tendrían que abandonar. Las respuestas de los estudiantes a este tema están colocadas en un orden descendente en la **Figura 14**.

Un análisis detallado de la **Figura 14** revela que los estudiantes poseen muy poca comprensión del concepto de reacción química. Sus respuestas correctas oscilan entre 0–28% y 0–35% para el grupo *g405* y del *g406* respectivamente. De los once ítems, que forman este apartado, los estudiantes del grupo 405 respondieron a sólo cinco, mientras que en el grupo 406 respondieron a siete.

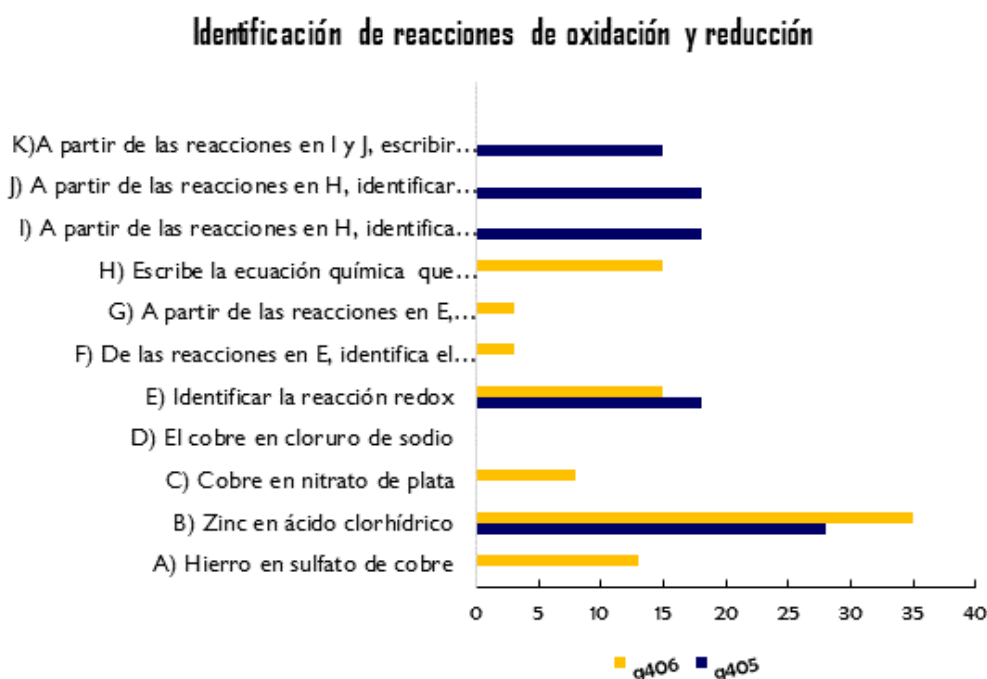


Figura 14. Porcentajes de respuestas correctas a cada elemento de la prueba de logros en la evaluación inicial (*identificación de reacción redox*).

El porcentaje total de respuestas correctas para *g405* y *g406* fueron respectivamente 9% y 8%. A pesar de que los estudiantes respondieron a algunos de los ítems, no pudieron explicar sus respuestas, según lo requerido y solamente una ecuación química, la de $\text{Zn} + \text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$, era la correcta para ambos grupos. La secuencia de las puntuaciones correctas sobre el apartado de reacción de oxidación y reducción es la siguiente:

El **ítem B**, trata la reacción del zinc, el cual se dejó caer en una disolución de ácido clorhídrico obtuvo el porcentaje más alto de respuestas correctas, es decir, 28% y 35% para *g405* y *g406* respectivamente. Es de suponer que la mayoría de los estudiantes estaría familiarizado

con esta reacción, ya que normalmente es una de las primeras reacciones introducidas en los cursos previos de química. Un buen número de estudiantes fueron capaces de dar respuestas correctas, pero la ecuación incorrecta o explicación de cómo se produce la reacción. Algunas de las respuestas al ítem son:

E₁ (g405): Eliminación de gas de hidrógeno; $Zn_{(s)} + HCl_{(ac)} \rightarrow ZnCl_{(s)} + H_{(g)}$

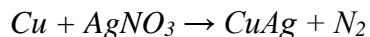
E₁ (g406): Se formaron burbujas y se desprendió un olor, además aumento la temperatura;
 $Zn + HCl \rightarrow ZnCl + H$

Esto fue seguido por el **ítem E**, donde se solicita a los estudiantes identificar una reacción de oxidación y reducción: **(a)** $2 Mg + O_2 \rightarrow 2MgO$ y **(b)** $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$ e H , además a los estudiantes se les solicitó escribir una ecuación química para la reacción del cobre y ácido nítrico concentrado, obteniendo nitrato de cobre, agua y dióxido de nitrógeno. Ambos ítems, obtuvieron el 18 y 15% de respuestas correctas para *g405* y *g406*, respectivamente.

El **ítem A**, se enfoca a que los estudiantes escriban la ecuación química, los cambios observables y a tratar de explicar cómo se produce la reacción del hierro en la disolución de cobre. Este ítem se clasificó en la posición cuatro para ambos grupos que obtuvieron un 18% y 13% de respuestas correctas para *g405* y *g406* respectivamente.

El **ítem C**, donde se requiere que los estudiantes escriban la ecuación química, los cambios observables y den una explicación a cómo se produce la reacción (nivel simbólico) del cobre en nitrato de plata. Este ítem se clasificó en la posición cinco para los dos grupos con el 15% y el 8% para *g-405* y *g-406*, respectivamente. Por ejemplo:

E₂ (g405): El cobre se deja “caer” en una solución de nitrato de plata:



Los **ítems F y G**, requiere que los estudiantes puedan identificar los *agentes oxidantes y reductores* en una reacción. Estos ítems ocuparon la posición seis con el 1% para *g406* y no hay respuestas para *g405*.

En este apartado más del 50% de los estudiantes de ambos grupos no dio ninguna respuesta a los diversos ítems. Esta es una clara indicación de la pobre comprensión de cómo ocurren las reacciones químicas y sobre todo las de oxidación–reducción. Los estudiantes también muestran

una mala comprensión respecto a cómo escribir fórmulas químicas y símbolos. Estas son algunas de las fórmulas que escribieron:

E₃ (g405): Para el nitrato de plata: $SnNO_3$; sulfato de cobre: CuS ; cloruro de sodio: $Nacl$
E₂ (g406): Para el nitrato de plata: $PbNH_3$; sulfato de cobre: $CuSO_2$;

Se habría esperado que los estudiantes fueran capaces de escribir ecuaciones simples en las reacciones químicas, pero esto no ha sido el caso con estos estudiantes.

4.3 La eficacia relativa del tratamiento

La segunda y tercera pregunta de investigación indicadas en el capítulo 1 se refieren a averiguar el efecto del tratamiento, es decir, el uso de una estrategia didáctica basada en la investigación orientada, basada en la resolución de problemas para la comprensión de los estudiantes de las reacciones químicas, en particular las reacciones de oxidación y reducción. El propósito de la prueba previa fue determinar la naturaleza de las concepciones alternativas que poseen los estudiantes con relación a las reacciones químicas, así como las áreas donde tienen una comprensión errónea del concepto. Esto era necesario para saber qué tipo de tratamiento (es decir, que tipo de estrategia didáctica) podría resultar útil para superar sus conceptos erróneos del concepto. En este sentido, tanto el *grupo 405* y el *grupo 407* (es decir, el grupo que no realizó la prueba inicial) fueron seleccionados para un tratamiento de dos semanas con el uso de la investigación orientada. Además, los dos grupos fueron expuestos a sesiones de debates sobre la postura actual en relación con la propuesta problematizada de la *fluoración del agua potable*, así como a diversos experimentos. Todos los estudiantes tuvieron que realizar el mismo examen al final.

4.3.1 El efecto de la intervención didáctica

La pregunta de investigación dos se enfoca a determinar el efecto relativo de la investigación orientada para la comprensión de las reacciones químicas, en particular las reacciones de oxidación y reducción. El uso de un programa guía de actividades como estrategia didáctica fue influenciado por el hecho de que el conocimiento de la ciencia por los estudiantes a menudo se caracteriza por la falta de coherencia. En lugar de tener estructuras de conocimiento de dominio específico bien estructurados e integrados, los estudiantes tienden a considerar los

diferentes conceptos como elementos de conocimiento aislados (Brandt et al., 2001). En este estudio se utilizó la investigación orientada con la finalidad de que los estudiantes aprendan el concepto de reacciones químicas (oxidación y reducción) de manera significativa.

En general, el uso de un programa guía parecía haber logrado el efecto deseado ya que muchos de los estudiantes indican que les ayudó en la comprensión de los conceptos de reacciones de oxidación y reducción. Esto se ilustra en la **Tabla 12** por los datos presentados y los comentarios siguientes.

Tabla 12: Percepción por los estudiantes del uso de un programa guía, mediante investigación orientada

Categoría	Declaración	Acuerdo (%)	Desacuerdo (%)	No opinaron (%)
1	El programa guía me ayuda a dar sentido a muchos términos del tema y a organizarlos de manera significativa	79	19	1
2	El programa guía es una buena manera de revisar un tema	77	19	4
3	El programa guía me ayuda a expresar conceptos complicados de una manera sencilla.	77	19	4
4	El programa guía ayuda a clarificar las relaciones entre los conceptos	76	18	6
5	El programa guía ayuda en la comprensión de los conceptos mucho mejores	74	18	9
6	La interrelación de las actividades incluidas en el programa guía me ayudará a conseguir una visión más amplia del tema	63	32	5
7	El programa guía ayuda a aclarar los conceptos confusos y complicados.	58	35	8
	Media%	72	23	5
8	La interrelación de las actividades incluidas en el programa guía me evitara conseguir una visión más amplia del tema	49	41	10
9	El programa guía hace que los conceptos sean más difícil.	46	50	4
10	Las actividades del programa guía me hace confundir la relación entre los conceptos	46	47	6
11	Las actividades del programa guía hacen que los conceptos sean complicados y más confusos	41	51	8
12	El programa guía de actividades no es una buena manera de enseñar el tema.	37	57	6
	Promedio %	44	49	7

También fue utilizado como una metodología para mostrar explícitamente los vínculos o relaciones entre los conceptos y como una técnica para estudiar la coherencia entre las estructuras de conocimiento que poseen los estudiantes (Novak y Gowin, 1984). Después de haber finalizado

as actividades de aprendizaje, se volvió a utilizar la estrategia propuesta para proporcionar un resumen esquemático de la lección (Novak y Gowin, 1984).

El cuestionario sobre el programa guía consta de 12 ítems, es decir, siete positivas y cinco declaraciones negativas sobre el uso y la eficacia del programa guía. La anterior resume las respuestas dadas por los estudiantes para cada uno de los 12 ítems en el cuestionario. Para fines de análisis se han reorganizado estos ítems agrupando las declaraciones positivas y las negativas juntos. El promedio en porcentajes para las respuestas positivas son 72% (acuerdo), 23% (desacuerdo) y 5% (no opinaron), respectivamente, y el 44%, 49% y 7%, respectivamente, para los cinco ítems negativos. En general, los estudiantes parecen estar más favorablemente dispuesto hacia las declaraciones positivas sobre el uso de un programa guía. La mayoría de los estudiantes (72%) considera el uso de un programa guía tan eficaz como una herramienta de enseñanza / aprendizaje, mientras que una minoría (23%) pensaba de otra manera.

Un análisis más detallado de la **Tabla 12** y los extractos siguientes proporcionan una idea de cómo los estudiantes perciben la eficacia o no del programa guía, por ejemplo, el 79% de los estudiantes afirmó que el uso del programa guía les ayudó a dar sentido a los muchos términos usados en las reacciones de oxidación y reducción y organizarlas de manera significativa, el 19% no considera que fuera útil, mientras que el 1% no ofreció ninguna opinión. Estos son algunos de los comentarios que hicieron en lo que se refiere a esta opinión:

E₁: el programa guía ayuda a dar sentido a muchos términos, permite entender un poco del tema (g405).

E₁: El uso de un programa guía ayuda a tener una visión más clara de lo que se va a estudiar (g407).

Para el 77% de los estudiantes, el programa guía es una buena manera de estudiar un tema, el 19% pensaba de otra manera, mientras que el 4% estaba indeciso. El 76% de los estudiantes encontraron el uso de un programa guía útil para aclarar la relación entre los conceptos, el 18% no lo consideraba mientras que el 6% no ofreció ninguna opinión. El extracto siguiente ilustra esto:

E₂: El programa guía me ayudo a conocer mejor las relaciones entre los distintos conceptos enseñados (g407).

Alrededor del 74% de los estudiantes considera el uso de un programa guía como útil para la comprensión de los conceptos de oxidación y reducción, el 18% no está de acuerdo y el 9% no ofreció ninguna opinión. Estos son algunos de sus comentarios:

E₂: Creo que el uso de un programa guía es una buena idea que puede ayudar a los estudiantes a comprender mejor todo lo incluido en un tema que se estudia (g405).

E₃: El programa guía utiliza palabras breves y comentarios por lo que es más fácil para nosotros comprender los conceptos (g407).

Alrededor del 58% de los estudiantes afirmó que el programa guía les ayudó a aclarar conceptos confusos y complicados, el 35% no estuvo de acuerdo mientras que el 8% no ofreció ninguna opinión.

E₄: Creo que el programa guía me ayuda a entender los conceptos mucho mejor. Especialmente para expresar conceptos complejos en forma sencilla (g405).

Los ítems ocho al doce son los aspectos negativos que se consideran del uso de un programa guía. Se esperarían porcentajes de acuerdo a los elementos negativos inferiores al 30%. Sin embargo, éstos oscilaron entre el 37% y el 49%. En cuanto a los comentarios de los estudiantes, existe una alta probabilidad de que no tienen una comprensión clara de lo que es el programa guía, utilizado como investigación orientada. Los siguientes son algunos de los comentarios de los estudiantes:

E₅: El programa guía es mucho más difícil para mí, porque yo ni siquiera entiendo el concepto y la relación de los modelos (g405).

E₄: No entiendo el programa guía y los modelos (g407).

Un 46% afirmó que el programa guía hizo más difícil expresar los conceptos de oxidación y reducción, el 50% no estuvo de acuerdo mientras que el 4% no dio ninguna opinión. Para el 46% de los estudiantes, el programa guía les hizo confundir la relación entre los conceptos de oxidación y reducción, el 47% no lo consideró y el 6% no ofreció ninguna opinión. Aproximadamente el 41% consideró que el programa guía hizo que los conceptos enseñados fueran más confusos, el 50% sentía lo opuesto mientras que el 8% no ofreció ninguna opinión. El siguiente comentario hecho por E₅ es indicativo de una percepción negativa del programa guía:

E5: El programa guía no es una buena forma de enseñar muchos términos con una actividad, para mí es confuso (g407)

Además, el 37% de los estudiantes consideró el programa guía como una estrategia no tan buena de usar para la revisión de un tema, por otra parte el 56% consideró que sí y el 6% no ofrecieron ninguna opinión al respecto. Algunos estudiantes estaban intrigados por la forma en que podrían trabajar con el programa guía mientras que otros consideraron que les ayudaría en la comprensión del concepto de oxidación y reducción. Algunos de los estudiantes consideraron que el programa guía era inútil sin la comprensión de los conceptos a estudiar. Los siguientes son algunos de los comentarios hechos por los estudiantes para ilustrar sus percepciones del uso del programa guía:

E6: El programa guía es la manera muy fácil de estudiar ya que nos ayuda a entender más fácil escribiendo las palabras clave (g405).

E7: Según mi entendimiento me ayudaría a tener una mejor idea de lo que me falta aprender (g405).

E6: Creo que es mejor si se conoce primero el tema. Las reacciones rédox son complicadas de comprender, entonces usando un programa guía de actividades ayudaría a entender la oxidación y reducción y a representarla mediante una ecuación... (g407).

E7: El programa guía es una técnica muy fácil de entender, porque se puede hacer según los comentarios de cada actividad propuesta y que sean necesarios importantes y los subtemas (g407).

E8: El programa guía, usando la resolución de un problema es un poco difícil, pero hay que ajustarse y pedir la ayuda para que se pueda entender, pero resulta fácil (g407).

Algunos estudiantes consideraron que no era suficiente el tiempo programado y sintieron que necesitaban clases extra.

E8: Puede ser que necesito más tiempo para estudiar, por tanto, puedo ver que hay mucho que necesito para concentrarse en el programa guía y en la resolución de las actividades (g-405).

E9: Este programa guía al inicio no lo entendemos bien. Según el profesor podíamos hacer algunas de las actividades extraclase para esta lección. Este programa de actividades es difícil de hacer por su cuenta, es mejor si lo hacemos en grupo (g-407).

Para obtener una visión más clara de la percepción de los alumnos sobre la efectividad o no del programa de actividades como investigación orientada, ocho estudiantes, cuatro de *g405* y cuatro de *g407*, fueron cuestionados. Además, como se mencionó anteriormente, se trataba de una discusión de grupo. Durante la serie de preguntas, siete de los ocho estudiantes consideraron que el programa de actividades les ayudó a entender mejor los conceptos subyacentes de las reacciones químicas. Los argumentos que tenían los estudiantes se basaron en tres preguntas de centrales. El profesor simplemente intervino para dirigir la discusión o para sondear a los estudiantes en la elaboración de sus opiniones.

Profesor (P): Durante tu argumento acerca de la eficacia o ineficiencia del programa de actividades propuesto, concéntrate en responder las siguientes preguntas:

- I. ¿Eres capaz de utilizar un programa de actividades por tu cuenta, ya sea en la ciencia o cualquier otro tema?
- II. El uso del programa guía utilizado, ¿hace alguna diferencia en la comprensión de este tema de oxidación y reducción?
- III. ¿Recomendarías su uso en otros temas?

Los siguientes extractos reflejan las respuestas de los alumnos:

I: ¿Qué opinas del uso de un programa guía mediante investigación orientada?

E1: disfruté esta asignación, ya que es fácil responder a esta pregunta

E2: Creo que el programa de actividades propuesto me ayudo a entender los conceptos mucho mejor, especialmente para expresar conceptos difíciles en forma sencilla

E3: Las actividades del programa guía de actividades hace que sea mucho más fácil estudiar el tema ya que es corto y fácil de recordar.

E4: Desde mi punto de vista me agrado la parte de experimentar y observar, por lo que absolutamente lo recomiendo. Se me hizo fácil de entender el concepto, nos da una idea de lo que estamos estudiando. Utiliza comentarios para el alumno, por lo que es fácil de entender.

Los comentarios anteriores parecen sugerir que los alumnos encontraron en el programa guía de actividades bajo el enfoque de investigación orientada una oportunidad para facilitar la comprensión de las reacciones químicas de oxidación y reducción. También ayudó a desarrollar

una actitud positiva hacia el estudio de las reacciones químicas. Sin embargo, algunos de los estudiantes consideraron que sin la comprensión de los conceptos modernos de oxidación y reducción en primera instancia, el programa guía sería de poca utilidad. A continuación, se presentan algunos ejemplos de tales puntos de vista:

E₅: El uso de un programa guía de actividades es una muy buena idea que puede ayudar a los estudiantes a entender mejor un tema, pero es importante entender la lección antes de hacer las cosas mal.

E₆: Estoy de acuerdo con E₅, es fácil de aprender o leer si se tiene una comprensión de lo que aparentemente no entendemos o que nos resulta difícil. El uso de un programa guía con este enfoque es fácil si se tiene la comprensión del mismo, si no es pura pérdida de tiempo.

Profesor: E₆, ¿por qué estás de acuerdo con E₅?

E₆: Pues...pienso que primero debo tener una idea del tema, de los conceptos importantes para que yo pueda hacer las actividades. Si no sé...no sé qué concepto es el más adecuado y de esta forma no sabría cómo explicar el fenómeno. Así que enseñar una actividad, y luego hacer su explicación, a continuación, otra actividad y luego podemos juntar todas las actividades. Entonces de este modo entendemos mejor el tema.

E₇: Primero es necesario enseñar una actividad del programa con claridad, no solamente para algunas lecciones. Algunos de nosotros no entendíamos muy bien cómo utilizar el programa guía, pero cuando se nos explicó ya lo pudimos entender. Cuando lo discutimos en grupo logramos entender, pero cuando se hace de forma individual, es un tanto difícil pero excepto cuando se conoce el tema.

E₂: a mí me agrada más la parte de experimental porque considero que da mayor comprensión de lo que se pide.

Profesor: E₂ ¿qué quieres decir?

E₂: al hacer las reacciones y se nos pide observar y tratar de explicar lo que sucede. Se puede ver lo ocurre y de esta manera nos damos idea del tipo de reacción. Posteriormente la discusión en grupo hace la tarea de exponer nuestras ideas y compararlas entre todos...

E₄: sí, por supuesto, cuando usamos el programa guía queda más entendido. Utiliza palabras y frases cortas por lo que es más fácil de entender para nosotros.

E₁: *puede obtener más información porque se puede ver lo que se requiere en cada actividad. A veces una actividad del programa guía puede confundir. Sin embargo, si se conoce el programa de actividades, ayuda a tener una idea clara y la lección resulta aún más fácil.*

El estudiante 8 (E₈) fue el único que manifestó estar totalmente en desacuerdo sobre el programa guía de actividades mediante el enfoque de investigación orientada.

E₈: *considero que el programa guía es mucho más difícil y confuso para mí, porque se me complica la parte de argumentar las respuestas, estoy acostumbrado a solo hacer las actividades de memoria.*

Profesor: *¿Cuáles crees tú que podrían ser las razones?*

E₈: *mmm..., varios... yo no entiendo este tema de oxidación y reducción. Soy muy “malo” para la química... necesito estudiar más tiempo para que le entienda, pero no encuentro el sentido de aprender formulas... Puede ser mi problema no es el programa guía ni tampoco el profesor, no sé.*

E₅: *Yo entiendo la química y las reacciones de oxidación y reducción me parecen fácil, tal vez por eso entiendo el programa de actividades con facilidad, lo recomiendo para ser utilizado en otros temas como de biología que tiene muchos temas difíciles.*

E₁: *lo recomiendo especialmente para la biología con muchas palabras difíciles y esas cosas. Cuanto más veo imágenes entre más consigo una mayor comprensión de lo que está hablando.*

Los estudiantes continuaron intercambiando sus opiniones sobre la recomendación al programa guía de actividades a excepción del alumno 6, quién opino lo siguiente:

E₆: *Estoy de acuerdo con todos ustedes, pero siento que tenemos que entender primero cómo utilizar mejor el programa guía de actividades bajo el enfoque de investigación orientada, para posteriormente, utilizarlo en otras materias. La biología es muy difícil y no es igual que la química, no es fácil de estudiar y comprender, es un gran problema de aprender muchos conceptos.*

Profesor: *¿A qué te refieres con que primero tienen que entender cómo usar el programa guía propuesto?*

E₆: *Por ejemplo, creo que usted necesita primero enseñar a cómo resolver un problema de un tema difícil y que sea de interés como el de la electrólisis, entonces podemos entender mejor lo de investigación orientada...*

E₃: *Estoy de acuerdo con todos mis compañeros. El programa guía de actividades ayuda a dar sentido a muchos términos y ayuda a entender el tema de reacción química. Aunque también puede confundir a alguien que no entiende el concepto. Creo que hay que entender el concepto de oxidación y reducción, y luego hacer las actividades experimentales y poder problematizar, que ahora va a ser fácil de entender mejor.*

Aunque varios de los estudiantes mencionaron que disfrutaron de trabajar con el programa guía de actividades y parecería que resultó relativamente fácil. Sin embargo, a juzgar por algunas de las respuestas tanto positivas como negativas, se hizo evidente que se necesitaba más tiempo para enseñarles cómo desarrollar una actividad problematizando una situación de la vida cotidiana que permitiera entender la importancia del estudio de las reacciones de oxidación y reducción antes de utilizarlo como una herramienta de enseñanza, así como en la espera de que la utilicen como una herramienta de aprendizaje. De los ocho estudiantes que participaron en la ronda de preguntas, sólo uno encontró el uso del programa guía de actividades como una tarea confusa. Además, el mismo explicó su imposibilidad para entender que esto podría deberse al hecho de que en general no es fuerte en la química.

Los estudiantes parecen tener una visión reducida del programa guía de actividades correspondiente a la investigación orientada. Todos los comentarios anteriores sugieren que los estudiantes interpretan el programa guía de actividades como una herramienta para reforzar la comprensión de un tema. No consideran al programa guía de actividades como medio de: (1) revelar su propia comprensión o conocimiento previo del tema; (2) ayudarles a saber cómo relacionar conceptos aislados, es decir, cómo los conceptos de oxidación y reducción están relacionados entre sí; (3) ayuda a comprender la estructura o el significado subyacente de un tema; (4) revisar lo que han aprendido en la preparación para una evaluación o examen; (5) tener una visión más amplia de un tema en el contexto de su vida cotidiana; (6) revelar sus ideas falsas o concepciones alternativas; (7) que facilite las relaciones de colaboración o interacciones sociales entre estudiantes o entre estudiantes y sus maestros en el proceso de construcción de conceptos; etc.

Los estudiantes estaban en lo cierto al indicar que no dominaban a fondo las actividades antes de que fueran evaluados o cuando se enfrentaron a la tarea de resolución de problemas utilizando investigación orientada. El lugar por donde comenzar es tal vez por ver el programa guía como una herramienta de exploración, lo que revela el estado actual de los conocimientos de los estudiantes en un tema. Como han observado Ebenezer y Connor (1998), los profesores deberían examinar sus primeros intentos de proporcionar un programa guía, para estar mejor informado acerca de dónde iniciar la instrucción o la dirección que se debe seguir.

4.4 La fluoración. Discusión de un artículo científico

La pregunta se refiere a la determinación de la influencia relativa de las discusiones por parte de los estudiantes sobre la comprensión del tema relacionado con la Fluoración. Como se ha indicado antes, se ha propuesto la fluoración del agua potable como medida de prevención de la caries dental. A pesar de que los estudiantes no tenían conocimiento de esta situación, y de cómo sus vidas se verían afectadas por la decisión que se adopte sobre esta cuestión, y por lo tanto, se tuvo que introducir a todos los estudiantes en el tema de la fluoración. Sobre la base de las discusiones en clase, se pidió a los estudiantes expresar sus opiniones acerca de la fluoración. Los estudiantes dieron una variedad de respuestas, la mayoría de los estudiantes parecían tener una idea de lo que es la fluoración, sobre la prevención de caries, así como sus consecuencias para sus vidas. Aunque este era generalmente el tema de discusión, algunos estudiantes mantenían conceptos alternativos acerca de la fluoración, describiéndola como una calcinación o como la cloración. Los extractos que a continuación se presentan, son los más representativos respecto a las nociones que poseen los estudiantes sobre la fluoración:

E1: *El fluoruro es una sustancia natural que se necesita para el desarrollo de los huesos (g405).*

E1: *Es importante utilizar la fluoración porque las bacterias en el agua pueden causar epidemia de enfermedades como la tifoidea y el cólera (g406).*

E1: *El fluoruro purifica el agua y se almacena en depósitos como los tinacos o cisternas, y luego fluye a las tuberías de los hogares y escuelas cuando es necesario (g407).*

Las concepciones alternativas anteriores conducen a un argumento adicional, algunos estudiantes dieron una definición correcta de la fluoración mientras que otros lo comparan a la fluoración con la parte médica. Las siguientes declaraciones fueron hechas por algunos de los estudiantes:

E2: La fluoración es como un medicamento que puede limpiar el agua. El flúor se puede añadir al agua si no hay suficiente en su forma natural (g405).

E3: Es el proceso de adición de flúor al suministro de agua (g405).

E2: Es la adición de sustancias químicas llamadas fluoruros a los suministros de agua para ayudar a que los dientes sean más resistentes a la caries (g406).

E2: El fluoruro es una sustancia química, que previene la caries dental por lo general se añade a las pastas de dientes (g407).

Profesor: En lugar de agua potable fluorada, el uso de otros productos fluorados han sido sugeridos. Por ejemplo, pasta de dientes, goma de mascar, etc. ¿Qué opinas del uso de estos productos?

Algunas de las declaraciones realizadas por los estudiantes en relación con la pasta dental fluorada y otros productos, por ejemplo, la goma de mascar, en comparación, con la fluoración del agua como una medida preventiva para la caries dental, incluyen:

E3: El fluoruro en la pasta dental hace que los dientes blancos estén fuertes y sin caries. La pasta de dientes debe ser utilizado por la mañana y por la noche, para limpiar los dientes y el uso de flúor para prevenir la caries de los dientes. Causa menos dolor de muelas, pero son caras (g406).

E3: La goma de mascar puede prevenir la caries de los dientes durante todo el día y la pasta de dientes solamente mañana y noche. La goma de mascar es barato y fácil de comprar para masticarlo todo el día, no solamente por la mañana como la pasta de dientes (g407).

Algunos estudiantes se opusieron rotundamente al uso de la goma de mascar explicando lo irritante que es. Además, algunos indicaron que es caro en el sentido de que uno tendría que masticarlas por lo menos cuatro veces al día o después de cada comida, siendo por lo tanto más caro que la pasta de dientes.

E4: La goma de mascar no es tan buena opción. No me gusta la goma de mascar porque te hace ver mal. Es caro, al menos tienes que mascar cuatro chicles al día. Imagínate la

cantidad de dinero gastado en lugar de comprar una pasta de dientes. Es una pérdida de tiempo y además se cansa uno de tanta masticación (g405).

Profesor: *¿A la pasta de dientes se le puede añadir calcio? Si es así ¿cuál es su utilidad? ¿Hay necesidad de añadir fluoruro si contiene calcio? ¿Si no es necesario para que se le adiciona?*

Algunos de los estudiantes tenían la tendencia a pensar que el flúor y el calcio tienen el mismo uso, algunos tal vez por razones económicas, no vio ninguna necesidad de añadir calcio a la pasta dental si hay fluoruro o viceversa. También consideraron, si la presencia de ambas sustancias aumentaría el precio de la pasta dental. Las siguientes declaraciones son representativas de sus puntos de vista:

E4: Debido a que se añadió fluoruro no hay necesidad del calcio, ya que el flúor hace los dientes fuertes, blancos y limpios. ¿Para qué agregar calcio y flúor? Si la pasta de dientes tiene flúor o solamente calcio, va a ser más barato. Sí, se puede añadir calcio, los dientes estarían más fuertes, no se debilitarían y estarían muy blancos (g407)

Algunos de los estudiantes que sabían que las dos sustancias no sirven para el mismo propósito y comentaron lo siguiente:

E4: Sí, se tiene que adicionar calcio ya que hace que los dientes estén fuertes, pero no impide la caries dental como el flúor. Sin calcio, incluso es inútil el flúor, ya que los dientes continuarán debilitándose (g406).

E5: El calcio hace que los dientes sean fuertes y el fluoruro hace que no se forme la caries. Necesitamos ambos. (g405)

Profesor: *Si usted fuera el gobernador, ¿qué recomendaría usted, beber agua fluorada o el uso de pasta de dientes o de otros productos fluorados como medida para prevenir la caries dental?*

Los estudiantes fueron capaces de tomar una decisión informada sobre el uso de agua fluorada. Al tomar esta decisión también valoraron el uso de agua potable fluorada en lugar del uso de la pasta de dientes. La mayoría de los estudiantes estuvieron a favor de la fluoración del agua potable. Los extractos a continuación reflejan este punto de vista:

E6: La adición de flúor a toda el agua ayudará a las personas que no pueden comprar pasta de dientes (g405).

E7: La adición de flúor al agua es la forma más eficaz de llegar a la población más afectada por la caries dental (g405).

E5: *La adición de flúor en el agua es una manera más segura para todos los miembros de la comunidad de beneficiarse (g406).*

E6: *Los partidarios argumentan que la fluoración da la oportunidad de protección de fluoruro a toda la comunidad con eficacia y un gasto pequeño en comparación con los costos del tratamiento de la caries dental y la compra de pasta dental (g406).*

E5: *Por otro lado, si el agua no está fluorada, las personas sufren de caries dental (g407)*

E6: *El fluoruro en la pasta dental sólo ayuda a los dientes, pero en el agua desarrolla dientes y huesos sanos (g407).*

Otros estudiantes, que recomiendan la fluoración del agua potable ponen de relieve el carácter nocivo de la utilización de estos productos fluorados. De acuerdo con estos estudiantes:

E7: *La pasta dental fluorada y las tabletas producen una variedad de efectos de intolerancia, incluidas erupciones cutáneas, trastornos gástricos, dolores de cabeza, aumento de las ganas de orinar y en el caso de la pasta de dientes, úlceras en la boca (g406).*

E7: *Considerando que la fluoración del agua potable es la mejor opción, ya que no hay pruebas de que sea perjudicial como la pasta de dientes (g407).*

Algunos estudiantes consideran que tanto el uso de agua potable fluorada y la pasta de dientes deben utilizarse con el fin de reducir aún más las facturas dentales para los que no puedan pagar tratamientos dentales. Un estudiante también citó de un libro que el uso de la pasta de dientes es suficiente para la prevención de la caries dental.

E8: *Adición al agua potable reducirá las necesidades y los costos del tratamiento dental (g405).*

E8: *De acuerdo a las estadísticas el índice de caries dental ha disminuido en zonas sin agua fluorada, tal vez debido principalmente al uso generalizado de la pasta de dientes (consulta realizada por el alumno de algo que había escrito) (g406).*

E8: *El flúor en el agua es salvar los dientes, ya que evita la necesidad de tratamiento odontológico (g407).*

Algunos de los estudiantes pusieron de relieve los efectos nocivos del uso de agua fluorada. Estos estudiantes consideraron que, si bien es una buena idea, los riesgos en cuestión son más dañinos que perder en sí los dientes. Estos estudiantes prefieren el uso de la pasta de dientes que la fluoración del agua potable. Los extractos de abajo son un reflejo de estas opiniones:

E9: *El fluoruro interfiere con la acción de una serie de enzimas en el cuerpo humano causando que estas no hagan sus funciones. A continuación, provocando cáncer, la fluorosis esquelética y otras enfermedades dañinas (g405).*

E₉: *La fluoración es peligrosa para las personas con problemas renales, ahora si se realiza la fluoración de toda el agua, significa que estas personas tendrán que comprar agua de manantial, y sería caro. Si una persona no tiene dinero, y no bebe agua pues moriría (g406).*

E₉: *El consumo excesivo de flúor puede ser perjudicial, especialmente para los huesos y los dientes, y el adicionar flúor al agua potable significa una ingesta excesiva (g407).*

E₁₀: *El agua tiene fluoruro natural, ahora con más flúor se hace más común y fácil que los dientes se rompan o que tengamos perdidas de piezas dentales (g407).*

Profesor: *Dado que el tema es acerca de las reacciones químicas, específicamente las reacciones de oxidación y reducción (rédox), ¿crees que la fluoración es relevante para este tema?*

Los estudiantes explicaron la relevancia de la fluoración basado en el hecho de que el flúor es un elemento químico, un halógeno. Además, el hecho de que es un agente oxidante fuerte hace que la fluoración sea un buen ejemplo para la lección. Los siguientes extractos son parte de los comentarios de los estudiantes:

E₁₀: *El flúor es un elemento químico con el símbolo F y a temperatura ordinaria es un gas de color amarillo claro y los compuestos que contienen flúor se llaman fluoruros. Es un agente oxidante fuerte (g405)*

E₁₀: *El flúor es un elemento que pertenece al grupo siete, la familia de los halógenos (g406).*

E₁₁: *El flúor “reacciona con algo” en los dientes y forma un recubrimiento que previene la caries dental. Por lo tanto, la fluoración puede servir para enseñarnos lo que es una reacción química (g406).*

E₁₁: *El flúor previene la erosión del esmalte, así como cuando el hierro está en ácido (g407).*

A pesar de que los estudiantes tenían diferentes puntos de vista sobre la fluoración del agua potable, estuvieron de acuerdo en que el gobierno debe dejar en manos de las comunidades decidir si querían o no agua fluorada o sin fluorar.

4.4.1 La comprensión de la fluoración por parte de los estudiantes.

Para obtener una percepción profunda con respecto a la fluoración, se le solicitó a dos estudiantes respondieran una serie de preguntas como un estudio de caso, la realización de esta actividad con dos estudiantes fue considerado adecuado (por ejemplo, véase Merriam 1998). Estos estudiantes eran alumno 1 (E₁) y el alumno 2 (E₂) del grupo 405 y 407, respectivamente.

Tras el debate sobre la fluoración del agua potable, los estudiantes parecían tener una comprensión más clara de este tema. Parecían haber leído mucho sobre la fluoración. Algunas de sus respuestas parecían ser una repetición de lo que se dijo en los debates de la clase. Estas son algunas de sus respuestas:

Profesor: *¿Qué entienden por fluoración?*

E₁: *La fluoración es la adición de una sustancia química llamada flúor al suministro de agua.*

E₂: *La fluoración significa la adición de flúor al agua potable.*

Profesor: *En su opinión, ¿cuál es la función de flúor cuando se adiciona al agua potable?*

E₁: *Su función es ayudar a evitar la caries de los dientes y mantenerlos fuertes y saludables*

E₂: *Ayuda a prevenir la caries dental.*

Profesor: *¿Es la adición de flúor al agua potable, el único método utilizado para la prevención de la caries dental?*

E₁: *No, el uso de pasta de dientes con fluoruro es lo más común. También se menciona en los libros que en otros países se pueden utilizar pastillas de sal.*

E₂: *El uso de la sal de fluoruro, tabletas y pasta de dientes y la aplicación de una fuerte solución de fluoruro a los dientes por el dentista también puede ayudar a prevenir la caries.*

Profesor: *La pasta de dientes se ha utilizado durante varios años para prevenir la caries dental. En su opinión, ¿es el uso de la pasta de dientes o la fluoración del agua potable la forma más eficaz de prevenir la caries dental?*

A₁ consideró que, si bien la pasta de dientes se ha utilizado durante mucho tiempo para prevenir la caries dental, no todas las personas lo podían usar. También indicó que en algunas zonas rurales todavía se usan cenizas y ladrillos. Esta ha sido una de las formas tradicionales de limpieza de los dientes. Estos fragmentos reflejan su punto de vista:

E₁: *El uso de la pasta de dientes es bueno, pero no todos tienen el hábito de usarla.*

Profesor: *Pensemos de manera extrema que hay personas que no tienen dinero para comprar una pasta dental, ¿cómo pueden mantener limpios sus dientes?*

E₁: *Hay versiones de que algunas abuelas utilizaban las cenizas y el polvo de ladrillo. Según limpia los dientes bien. Ahora la adición de flúor al agua permitirá al mundo prevenir la caries dental y el dolor de muelas.*

En su argumento, E₂ destacó la rentabilidad de la utilización del agua fluorada en comparación con el tratamiento de la caries dental. Esto es lo que menciona:

Profesor: *La pasta de dientes se ha utilizado durante varios años para prevenir la caries dental. ¿En tu opinión es el uso de la pasta de dientes o la fluoración del agua potable la forma más eficaz de prevenir la caries dental?*

E₂: *Las estadísticas sostienen que la fluoración del agua protege a toda la comunidad y a un bajo costo en comparación con la caries dental y la pérdida de piezas dentales.*

Profesor: *Cuál es tu opinión, ¿estás de acuerdo con esa información?*

E₂: *Creo, que sí. Cuando los dientes están con caries se tiene un dolor muy fuerte. No se puede reír con los dientes con caries. Entonces uno tiene acudir con un dentista. Los dentistas cobran caro, pero con la fluoración ya no se tendría que pagar nada. Esto también significa, menos miedo y ansiedad acerca de las visitas al dentista como tratamiento sería menos complicado, con menos anestesia.*

Con los riesgos propuestos por los oponentes a la fluorización algunos de los estudiantes consideran que no están muy convencidos, por lo tanto, realmente no se puede discutir ellos. Considerando que se tuvieran una gran cantidad de organizaciones dentales y de salud, que apoyaran la fluoración del agua potable, cuál sería la influencia en su decisión.

Profesor: *Una gran cantidad de oponentes a la fluoración del agua potable han puesto de relieve una serie de riesgos, por ejemplo, cáncer, etc. ¿Cuál es tu opinión al respecto?*

E₁: *Si hay denuncias que el agua fluorada podría estar relacionado con la "medicación en masa", que era tóxico y que no sería de gran ayuda a la gente que más lo necesita. El problema es que no existe ninguna prueba de riesgo.*

E₂: *Sí, pero también dicen que no hay ninguna prueba, pero no es una prueba para la prevención de la caries dental. Por lo tanto, es prueba de que es bueno para la prevención de la caries dental.*

Para el argumento de cierre los estudiantes hicieron las siguientes declaraciones al entrevistador:

Profesor: *Para resumir ¿Cuál sería tu argumento para convencer a las personas respecto a la fluoración del agua potable?*

E₁: Es importante recordar que la fluoración podría beneficiar a todos teniendo los dientes naturales, el mayor beneficio sería en la población infantil. Esto es más especialmente a los niños de las comunidades rurales quienes se beneficiarían más. El fluoruro también se combina con el esmalte de antes de la erupción del diente, el diente se beneficia más por toda su vida.

E₂: Para la mayoría de personas la fluoración ayudaría a tener dientes fuertes y sanos. Todo el mundo, en especial los niños tendrían dientes bonitos, incluso sin tener que recurrir a tratamientos dentales.

Aunque la mayoría de los estudiantes consideraron favorable la fluoración del agua potable, algunos eran de la opinión de que la decisión de implementar el programa se debe dejar a cada una de las respectivas comunidades. Parecían más conscientes de las desventajas de la fluoración y por lo tanto consideraron que las comunidades más grandes deben estar involucrados en el proceso de la toma de decisiones.

Los puntos de vista de los estudiantes basados en las discusiones de la clase y la entrevista se pueden resumir de la siguiente manera:

- 1. La fluoración es la forma menos costosa y más eficaz para reducir la caries dental.*
- 2. La fluoración, además de los riesgos no probados por los oponentes, está lejos de ser la forma más segura de prevenir la caries dental.*
- 3. Los beneficios de fluoración en niños y adultos debido al consumo de agua fluorada previene la caries de los niños sobre todo después de la erupción de los dientes.*
- 4. La fluoración proporciona beneficios para toda la vida, es decir, la incorporación de fluoruros en el esmalte, incluso antes de la erupción del diente tiene una duración de la vida del diente.*
- 5. La fluoración reduce la necesidad y el costo del tratamiento dental.*

Aunque las opiniones de los alumnos expresadas anteriormente parecen estar bien informados, su preocupación por la prevención de la caries dental no debe eclipsar otros riesgos para la salud. Un argumento es que la fluoración del agua potable, beneficiará a todo el mundo especialmente los niños, no se puede descartar las desventajas que incluso es más tóxico que el plomo. Los riesgos involucrados pueden ser mayores que sus beneficios. Tomando en consideración el hecho de que las organizaciones de salud y el sector privado están promoviendo el uso de gasolina sin plomo debido a la toxicidad de este elemento, cae como una sorpresa que el fluoruro se encuentre principalmente en el agua potable, la sal y en bebidas embotelladas, que

constituyen las fuentes principales para el consumo humano. Por otra parte, se puede encontrar en menores concentraciones en alimentos y en múltiples productos utilizados para la higiene bucal. Cabe mencionar que a partir de la década de los ochenta, los dentríficos presentan altas concentraciones de fluoruro para su empleo en la población infantil (Mascarenhas y Burt 1998).

Además, el hecho de que la fluoración se ha asociado con el cáncer de la cavidad oral, faringe, colon, recto y los órganos urinarios y el hueso (Takahashi, 2001) es suficiente para asustar a cualquiera de su uso. Muchos defensores de la fluorización han argumentado que la prevención de las caries y enfermedades orales, se han asociado con una serie de problemas de salud, incluyendo enfermedades cardiovasculares y la diabetes (Maddox, 2000).

El argumento de los estudiantes y la decisión final sobre el tema, refleja la tendencia de pensar en nuestras comunidades y cuáles podrían ser los resultados de la participación pública en el debate. Por otro lado, la fluoración aseguraría de que pocas personas tuvieran la necesidad de un tratamiento dental, lo que afectaría de manera negativa a la odontología.

4.5 La experiencia práctica para la comprensión de la oxidación y la reducción

En un esfuerzo por mejorar la comprensión de las reacciones químicas, todos los estudiantes realizaron dos experimentos prácticos. Dado que todos los estudiantes tenían que realizar la evaluación final y estos experimentos fueron cruciales para la comprensión de las reacciones de oxidación y reducción, se consideró importante para todos ellos llevar a cabo los experimentos. La experiencia práctica es una parte integral de lograr familiarizar a los estudiantes con los conceptos científicos difíciles. De acuerdo con Abraham et al. (2000) a muchos estudiantes les resulta difícil visualizar conceptos sin al menos una demostración práctica. Asimismo, señalaron que la falta de trabajo práctico en ciencias de la escuela podría haber sido una de las razones por las que los estudiantes tienden a percibir la ciencia como una materia abstracta. Estos experimentos prácticos que se describen en el capítulo 2 se han diseñado, por lo tanto, para tratar de corregir esta percepción negativa.

En general, los estudiantes hicieron bien los experimentos. Con respecto, al experimento de demostración por parte del profesor: $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4$, la mayoría de los estudiantes predijo que el Cu

se volvería blanco, mientras que otros dijeron que se formaría CuSO_4 . Esto se basó en el hecho de que ellos ya habían hecho el experimento: $\text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$, donde el H_2SO_4 actuó como agente deshidratante cambiando el azul del $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ en un blanco anhidro CuSO_4 .

Los siguientes extractos de sus respuestas:

E₁: Se formará un sulfato de cobre blanco (g405).

E₂: El ácido sulfúrico “chupa” el agua de la reacción que sale de sulfato de cobre blanco seco (g405).

E₁: El cobre cambiará de color a blanco (g406).

E₁: El cobre se volverá blanco (g406).

E₂: Creo que el sulfato de cobre es blanco pero el cobre es siempre marrón (g407).

En cuál de los reactantes es un agente oxidante, los estudiantes están de acuerdo en que corresponde al Cu. Su opinión está basada en la experiencia mostrada de la reacción del Fe + CuSO_4 , donde Cu^{2+} actuó como el agente oxidante. Se hizo evidente que los estudiantes tenían la tendencia a comparar su trabajo actual con la experiencia anteriormente familiar sin realmente observar o pensar críticamente sobre lo solicitado. Después de la demostración y ver que se formó una solución azul, pudieron inferir que se formó Cu^{2+} . En base a esto, los propios estudiantes reflexionaron en que estaban equivocados y siendo capaces de identificar al agente oxidante con facilidad. También fueron capaces de identificar SO_2 reconociendo su olor acre. Estas son algunas de sus respuestas:

E₃: Las burbujas de aire significan que se forma un gas (g405).

E₂: El gas tiene un olor asfixiante, por lo tanto, debe ser dióxido de azufre (g406)

E₃: El olor del gas corresponde al dióxido de azufre (g407)

Para el experimento por equipos, este fue con respecto a la reacción del Cu + HNO_3 , todos los equipos coincidieron en que se formaría el $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ y H_2O y que el Cu es el agente reductor. Sólo dos equipos *Eq₁* y *Eq₂* del g-405 y g-407 respectivamente, mencionaron que también se tiene la formación de NO_2 , pero no todos los estudiantes estuvieron de acuerdo con esta idea. Su razonamiento fue que todos los reactivos han sido utilizados mientras que el N y el O_2 formarían el NO_2 . Los extractos siguientes son algunos de sus argumentos:

Para el g405 la discusión continuó como sigue:

E₄: Se forma nitrato de cobre, es de color azul y el agua.

Profesor: ¿Son los únicos productos formados durante la reacción?

E5: Sí, si nos fijamos en los reactivos, tenemos Cu, N, O e H y pues en los productos se tienen los mismos.

E6: Yo sé que esta reacción produce un gas de dióxido de nitrógeno el cual depende de la concentración del HNO₃.

E7: Hay un problema allí, ¿de dónde vas a conseguir más N y O₂?

E8: Yo también recuerdo algo, pero no sé de dónde se producen. Entonces hay que añadir los dos y veamos.

Para el grupo g406 la situación no involucró mucha discusión. Se menciona algo de cómo fue la discusión:

E3: se forma nitrato de cobre.

Profesor: ¿De qué color crees que va a ser el nitrato de cobre?

E4: El nitrato de cobre es de color azul.

Profesor: ¿Se forman otros productos?

E5: Sí, agua.

Profesor: ¿Algún otro producto?

E6: Yo no lo creo. Todos los elementos de la reacción se han agotado.

Para g407 la discusión fue de la siguiente manera:

E4: Se formarán nitrato de cobre de color azul y agua.

Profesor: ¿Son los únicos productos formados durante la reacción?

E5: Creo que también el dióxido de nitrógeno.

Profesor: ¿Qué es lo que opinan tus compañeros de equipo?

E6: Bueno dos compañeros dicen que no hay NO₂, pero creemos que todos los elementos se han acabado. Entonces de ¿De dónde se está produciendo más nitrógeno y oxígeno?

Este patrón de razonamiento es lo que Ben-Zvi et al. (1986) llaman *concepción aditiva* respecto a las reacciones químicas. A partir de las discusiones anteriores, se hizo evidente que algunos de los estudiantes consideran un compuesto como la suma de átomos. Después de haber hecho el experimento y la observación de la formación del gas de color marrón, la mayoría de ellos fueron capaces de identificarlo como NO₂. Los argumentos dados por los estudiantes sirvieron como un indicador de que el uso de trabajos prácticos no siempre garantiza que los estudiantes entenderán o recordarán el concepto en discusión. También pone en evidencia que como maestros tenemos que reconsiderar los métodos que utilizamos en los experimentos de enseñanza. Además de realizar el experimento y llenar una hoja de trabajo, los estudiantes tuvieron que realizar un cuestionario para poner a prueba sus percepciones sobre los experimentos. Sus percepciones se discuten a continuación.

La necesidad de los estudiantes por conocer y entender los conceptos involucrados en las reacciones de oxidación y reducción y del cómo ocurren estas reacciones ha sido uno de los principales objetivos de este estudio. Al hacer los experimentos, los estudiantes tuvieron que rellenar una hoja de trabajo en lugar de un largo informe sobre los experimentos. Este fue un intento de facilitar el objetivo anterior. En cuanto a los comentarios que escribieron en sus cuestionarios parece demostrar que este objetivo hasta cierto punto se había logrado. Algunos de los estudiantes indicaron que las discusiones de grupo y su éxito al realizar el experimento les ayudó a comprender mejor lo que es una reacción química. Los siguientes extractos ilustran las percepciones de las discusiones y de los experimentos realizados en sus respectivos equipos:

Respecto de las discusiones que en sus equipos tenían, se puede decir:

E₉: *Me gusta la discusión porque de esta manera estoy ganando conocimiento de mis compañeros, al escuchar otras opiniones (g405).*

E₇: *Yo entiendo un poco más con la discusión y al hacer el experimento (g406)*

E₇: *Me agrada el intercambio de ideas y posteriormente hacer el experimento, me parecen muy útil (g407)*

Algunos de los estudiantes indicaron que la actividad de contestar el cuestionario (hoja de trabajo) era más fácil y preferible a las preguntas largas, y que este enfoque había mejorado su comprensión de las reacciones químicas. Algunas de las declaraciones en este sentido son las siguientes:

E₁₀: *De acuerdo, este cuestionario me está ayudando a dar seguimiento a mi avance respecto al tema (g405).*

E₁₁: *Fue fácil para mí entender el tema haciendo preguntas y respondiendo a las preguntas. Fue una manera fácil de entender para mí (g405).*

E₈: *Para mí el cuestionario es más fácil que responder a una pregunta, la cual necesita respuestas largas (g406)*

E₉: *me gusta, es sencillo porque tiene preguntas que necesita una respuesta y de no más de dos frases (g406).*

E₁₀: *La contestación del cuestionario es agradable para mí. Me motiva la forma en que uso para leer mis libros (g406)*

E₈: *Para responder el cuestionario me ayuda a comprender mejor el tema. Los experimentos me ayudan a responder a las preguntas con facilidad, especialmente cuando lo hago con mis puntos de vista. Me gustan los retos como el cuestionario porque me ayuda a tener una mejor idea de lo que me falta (g407).*

E₉: *La elaboración del cuestionario sobre el experimento no resulta difícil si entendemos la lección y con el asesoramiento del maestro permite concentrarnos y escribir las respuestas del experimento por lo que no se tiene ningún problema al responder las preguntas (g407).*

E₁₀: *Se “abre” más nuestra mente al responder las preguntas con nuestras propias ideas, y de acuerdo con ello aprendemos a identificar nuestros errores y pues a saber cómo corregirlos. Además de responder a la clase aprendemos a ver nuestros errores (g407).*

Un buen número de los estudiantes encontraron que los experimentos resultan ser útiles en la mejora de sus conocimientos, ya que pueden hacer una mejor discusión de las reacciones observadas. Algunos de sus comentarios a este respecto son los siguientes:

E₁₂: *Fue muy útil hacer estos experimentos, porque después de que el profesor mostró los reactivos y sus características las había olvidado, pero cuando realizamos el experimento, recordé todos los colores y olores (g405).*

E₁₁: *es muy fácil si lo disfrutamos, cuando se utiliza un experimento es fácil comprender porque se puede ver de lo que estamos hablando o de lo que está ocurriendo (g406)*

E₁₁: *Hacer experimentos es muy bueno para ayudar a mejorar mis conocimientos y hacer reflexiones (g407).*

E₁₂: *Bueno, yo también he considerado que responder el cuestionario es útil, pero lo que realmente me ayudó fue hacer el experimento de esta manera es mejor para mí (g407).*

Algunos de los alumnos encuentran en este tipo de ejercicio como un modelo de prueba y examen. Esto se puede atribuir a la postura adoptada por el plan de estudios, los maestros y la sociedad en general, de poner más énfasis en los exámenes. Esto ha sido demostrado por algunos de los comentarios de los estudiantes:

E₁₃: *Este tipo de cuestionario me hace entender la forma en que se presentarán las preguntas de la prueba final y cómo se deben responder (g405).*

E₁₂: *Disfruté responder este cuestionario y me permitió tener la visión de lo que se espera de nosotros en los exámenes. Considero también que los maestros se preocupan por el aprendizaje de sus estudiantes (g406)*

E₁₃: *Los experimentos ayudan a contestar las preguntas de la prueba, especialmente en los exámenes son muchas preguntas se derivan de la parte experimental (g407).*

Cada vez que los estudiantes se les da la hoja de trabajo, buscan pistas para entender y hacer bien en los exámenes (Gao, 1998). Para estos estudiantes, el cuestionario es un medio para entender el estilo de interrogación de los exámenes como pruebas. Hubo algunos comentarios negativos, tales como:

E₁₄: *A veces no entendemos las preguntas (g405).*

E₁₃: *Responder este cuestionario no me ayudó a entender el experimento (g406).*

E₁₄: *Las reacciones no son tan fáciles de entender porque todavía no sé qué se reduce o que se oxida (g406).*

E₁₄: *Las preguntas no eran tan fáciles, pero el experimento no me ayuda mucho porque yo seguía sin entender (g407)*

En general, los experimentos tuvieron un efecto positivo en la comprensión por parte de los estudiantes sobre cómo se producen las reacciones químicas, especialmente las reacciones de oxidación y reducción. Para estudiar más las percepciones de los estudiantes sobre el efecto del experimento, los estudiantes respondieron un cuestionario (ver **Tabla 13**). Las respuestas se han dispuesto además en un orden descendente.

Tabla 13: Percepción de los estudiantes respecto al experimento y el cuestionario

Ítem		(%)		
		A	B	C
1	El cuestionario me ayudó a tener una mejor idea de lo que faltaba reforzar	82	5	14
2	Hacer el experimento me ayudó a contestar el cuestionario con facilidad.	75	8	17
3	He encontrado útil la discusión de grupo.	71	12	17
4	Responder el cuestionario me ayudó a comprender mejor el tema	71	14	15
5	Responder el cuestionario con mis propias ideas ayudó a entender mejor el tema	68	19	14
6	Responder el cuestionario fue agradable	66	28	6
7	El cuestionario es útil para revisar un tema	60	26	14
8	Responder el cuestionario fue muy fácil.	54	32	14
9	Yo prefiero contestar un cuestionario de preguntas largas, que necesitan una respuesta larga.	54	40	6
10	La respuesta a una pregunta puede ser engañosa.	43	22	35
11	No he aprendido nada solo por el hecho de contestar el cuestionario.	31	59	11
12	No podría haber respondido al cuestionario de manera autónoma	26	40	34

A = De acuerdo; B = En desacuerdo; C: No opinan;

Nota: Los porcentajes están redondeados

Un análisis detallado de la **Tabla 13** indica que el 82% de los estudiantes considera que responder el cuestionario les ayudó a tener una mejor comprensión del tema y lo que les faltaba reforzar, mientras que el 5% consideró lo contrario y el 14% no expresó ninguna opinión. El setenta y cinco por ciento de los estudiantes afirmó que los experimentos les ayudaron a contestar el cuestionario con relativa facilidad, 8% no estuvo de acuerdo y el 17% no ofreció ninguna opinión. En general, las observaciones sugieren que los experimentos benefician a los estudiantes.

Aunque el 71% de los estudiantes encontraron útil la discusión en grupo, el 12% consideró lo contrario y un 17% no ofreció ninguna opinión. En concreto el 43% está muy de acuerdo mientras que el 28% está solamente de acuerdo. El alto porcentaje de estudiantes que está muy de acuerdo con esta afirmación es una indicación de la eficacia de las discusiones de grupo. Una vez más, el 17% no ofrece ninguna opinión lo cual es relativamente alta y un motivo de preocupación. Es probable que estos estudiantes no estaban realmente participando en las discusiones de grupo. Sin embargo, como señala Ogunniyi (1992), los porcentajes por debajo del 33% "sin opinión" son indicativos de que los estudiantes que realizaron la actividad solo respondieron por adivinar, ya que probablemente les resultó confusa la actividad en cuestión.

El 71 % de los estudiantes que responder el cuestionario afirman que les ayudó a entender mejor lo que es una reacción química, el 14% tenía una opinión diferente mientras que el 15% no ofreció ninguna opinión. Mientras que el 66% de los estudiantes dijo haber disfrutado de responder al cuestionario, el 28% no lo hizo y el 6% permaneció sin opinar. En una comparación minuciosa del ítem 6 con el 12, uno puede observar que el porcentaje de estudiantes que no les fue agradable contestar el cuestionario (28%) es casi el mismo porcentaje de estudiantes (26%) afirmaron que no podían responder. El 60% de los estudiantes encontraron el cuestionario útil para revisar el tema, el 26% consideró lo contrario y el 14% no expresó ninguna opinión. Al comparar el ítem 7 y 11, que tienen afirmaciones opuestas, uno podría ver que en ambos ítems se obtuvo el mismo porcentaje (60%) de los estudiantes encontraron la respuesta del cuestionario útil.

Aunque el 54% de los estudiantes consideraron muy fácil contestar el cuestionario, un 32% consideró lo contrario mientras que el 14% no ofreció ninguna respuesta. En cuanto al siguiente ítem, se encontró que el mismo número de estudiantes, el 54% prefiere el cuestionario de preguntas largas, mientras que el 40% prefiere lo contrario y el 6% no ofreció ninguna opinión. Para los estudiantes de química uno esperaría que un alto porcentaje preferiría un cuestionario de preguntas largas, ya que hay menos que escribir y por lo tanto menos errores de lenguaje.

Alrededor del 43% de los estudiantes manifestó que responder un cuestionario podría ser un tanto engañoso, el 22% no estuvo de acuerdo mientras que el 35% no ofreció ninguna opinión. Esto podría ser atribuido a que los estudiantes no entendieron las palabras utilizadas en las preguntas, lo que podría ser un problema con el lenguaje. Fue sorprendente que el 31% de los

estudiantes afirmaron que no aprendieron nada al responder el cuestionario, mientras que el 59% tenía una opinión diferente y el 11% no ofreció ninguna opinión.

El 68% de los estudiantes consideraron que al contestar el cuestionario por sí mismos (ítem 5) les ayudó a entender mejor el tema, el 19% consideró lo contrario y un 14% no ofreció ninguna opinión. También provocó sorpresa que el 26% de los estudiantes afirmaron que no podían responder el cuestionario por sí solos, el 40% no tenía ningún problema en responder el cuestionario mientras que el 34% no emitieron opinión. En cuanto a la cantidad de estudiantes que no ofrecen ninguna opinión hace que uno se pregunte en primer lugar, si los estudiantes entendieron las oraciones. Los estudiantes tenían probablemente poca claridad del tema. Un examen más detallado de los ítems muestra que es una declaración bastante vaga.

4.6 La evaluación final

Al final del período de aplicación, los tres grupos fueron sometidos a la *prueba de logros* como una evaluación final. En un estudio en donde la prueba final se diferencia de la prueba previa, es dudable si el instrumento de medición refleja los mismos procesos de conceptualización y de pensamiento subyacentes en la evaluación final con la evaluación inicial. Así, el uso del mismo instrumento de prueba tanto al inicio como después de la evaluación. Como se dijo anteriormente, a los grupos *g405* y *g406* se les aplicó una evaluación inicial y al *g407* se dejó como control para la prueba final. El *g405* y *g407* se expusieron al tratamiento mediante investigación orientada, es decir, utilizando el programa guía de actividades, y el grupo *g406* actuó como control para la enseñanza del concepto de oxidación y reducción.

4.6.1 Recopilación de la información en la etapa posterior a la prueba

A juzgar por los medios de la prueba previa de alrededor del 19% tanto para *g405* y *g406* y la prueba final con puntuaciones medias de alrededor del 47% (*g405*) y 28% (*g406*), se puede ver en la **Tabla 14**, que hay una gran diferencia entre las medias de las dos pruebas para ambos grupos en la etapa posterior a la prueba.

Tabla 14: Comprensión de las reacciones químicas en la etapa inicial y final

	<i>g-405</i>		<i>g-406</i>	
	Prueba inicial	Prueba final	Prueba inicial	Prueba final
N	30	30	30	30
Media	6.4	15.5	6.3	9.2
%	19.39	47.1	19.09	27.9
SD	2.55	5.1	2.44	3.5
t _{student}	t _{obs} (10.00) * > t _{crítico} (1.68)		t _{obs} (4.27) * > t _{crítico} (1.68)	

* Significativas a $p = 0,05$

La obtención de un valor t de 10.00 y 4.27 para el *g405* y el *g406* respectivamente, los resultados para la evaluación inicial y la final respecto a un valor crítico de 1.68 son indicativas de diferencias significativas entre la prueba inicial y final de acuerdo a las puntuaciones medias. Esto implica que la hipótesis nula tiene que ser rechazada, ya que hay una diferencia significativa entre las dos pruebas. Sin embargo, la diferencia entre la evaluación inicial y final para *g405* es más notable que para el *g406*. Dado que ambos grupos fueron expuestos a la misma estrategia de enseñanza y aprendizaje, (a excepción de la inclusión del programa guía para *g405*), el más alto valor de t para el *g405* era probablemente como resultado del programa de actividades a la que los estudiantes de ese grupo eran expuestos.

Tabla 15. Comparación de las interacciones químicas, etapa final

Grupo	N	Media	%	SD
<i>g405</i>	30	15.2	45.9	5.1
<i>g406</i>	30	9.2	27.9	3.5
<i>g407</i>	28	12.1	35.6	3.5
F _(2,118) = 23.79		a p = 0.05		F _{crit} = 3.07

Los tres grupos después de haber realizado la prueba final obtuvieron puntuaciones entre 5 y 29 de 31. Un examen detallado de la **Tabla 15** revela que las puntuaciones medias obtenidas fueron aproximadamente de 46% (*g405*), 28% (*g406*) y el 36% (*g407*). En cuanto a estas tres desviaciones estándar por grupo (SD), el *g405* tiene la mayor disparidad de resultados en comparación a *g406* y *g407*. De nuevo, esto puede no está relacionado con el impacto del tratamiento, es decir, el programa guía de actividades sobre *g405*. El tratamiento parece haber creado la disparidad de resultados dentro del *g405*. Ciertamente, esto justifica una investigación más profunda en estudios futuros. En términos de rendimiento porcentual, *g405* funcionó mejor que *g407* mientras que *g407* tuvo resultados más favorables que *g406*. Esto se debe probablemente al hecho de que los grupos *g405* y *g407* se expusieron al tratamiento, que podría

haber tenido un efecto adicional en la comprensión de la reacción química, en particular de la oxidación y reducción. Este son comentarios por parte de los estudiantes del *g405*:

"El uso de la estrategia didáctica mediante un programa guía de actividades resulta un método más fácil para estudiar y te ayuda a comprender más el tema."

Es oportuno mencionar que el *g406* no fue dejado a su suerte ya que estuvo expuesto a algún tipo de tratamiento (es decir, materiales de instrucción y experimentos) y por lo tanto la diferencia significativa entre la prueba inicial y la prueba final con las siguientes puntuaciones medias ($t = 4.27$ a $p=0.05 > t_{cr} = 1.68$). Sin embargo, la adición de la actividad de resolución de un problema en el *g405* y *g407* es importante considerarlo para futuros estudios. Las estadísticas presentadas en la tabla 17, muestran que la relación F obtenido para la prueba final es 23.79. Este valor es superior al valor crítico de 3.07, es decir, $F_{(2,118)} = 3.07$ a $p < 0.05$ necesaria para rechazar la hipótesis nula esperando no se tengan diferencias significativas entre los tres grupos.

Tabla 16. Comparación de las puntuaciones de los estudiantes en la etapa posterior a la instrucción recibida

pares de grupos	valores de prueba en $p = 0.05$
<i>g405</i> y <i>g406</i>	$t_{obs} (6.09) > t_{crít} (1.68)$
<i>g405</i> y <i>g407</i>	$t_{obs} (3.90) > t_{crít} (1.68)$
<i>g406</i> y <i>g407</i>	$t_{obs} (3.35) > t_{crít} (1.68)$

Para explorar más a fondo las diferencias y similitudes de las actuaciones de los estudiantes entre los grupos, se realizó una prueba t por par (ver **Tabla 16**). Los valores de la prueba t obtenidos fueron para: *g405* y *g406* (6.09); *g405* y *g407* (3.09) y los grupos *g406* y *g407* (3.35) en $p < 0.05$, todos los cuales son más altos que el valor crítico de 1.68. Esto sugiere que hay una diferencia significativa entre *g405* y *g406*, *g405* y *g406* y *g406* y *g407*. La diferencia observada entre los grupos *g405* y *g406* y grupos *g406* y *g407*, probablemente se puede atribuir al hecho de que los grupos *g405* y *g407* se utilizaron el programa guía de actividades mediante investigación orientada, mientras que *g406* se expuso solamente a la parte de experimentos.

La diferencia observada entre el grupo *g405* y *g407*, que se sometieron al método de instrucción, probablemente podría ser debido a muchos factores. Uno de ellos tal vez podría ser la prueba inicial aplicada al *g405* de la prueba previa y tenía la ventaja de la discusión durante la

intervención, por lo que no sorprende que *g405* superó al *g407* en todos los ítems de la prueba de logros (ver tabla 17) aunque el tratamiento se supone que debe corregir el efecto antes de la prueba. Además, esto podría probablemente ser porque se asumió que *g407* era comparable a *g405* y *g406*. Esta hipótesis podría, de hecho, no ser válida, sobre todo porque no siempre hay dos clases iguales. Por ejemplo, las variables relacionadas con la heterogeneidad de las edades de la clase que no fue el objeto de este estudio podrían haber contribuido a las diferencias entre *g405* y *g407*. Otro factor que no se consideró es que algunos de estos estudiantes están repitiendo el curso. Las diferencias estadísticas observadas, sugieren que:

- (i) La prueba inicial administrada al *g405* y el *g406* no parecía haber dado a los estudiantes ventaja por encima de sus compañeros del *g407* que no realizaron la prueba inicial.
- (ii) El uso de la elaboración de un programa guía en el *g405* y el *g406* parece haber mejorado el rendimiento de los estudiantes en estos dos grupos, y proporcionando alguna ventaja sobre el *g406*.

4.6.2 El rendimiento logrado por los estudiantes en la prueba final

Como se mencionó anteriormente, en el estudio participaron 87 estudiantes. La primera *prueba de logros* constaba de 31 ítems, los cuales fueron divididos en tres apartados, *reacciones de la vida cotidiana*, *intercambio de electrones* y las *reacciones de oxidación – reducción*. Como se esperaba, hubo una gran mejoría en el rendimiento de los grupos en comparación con el rendimiento de *g405* y *g406* en la etapa de prueba inicial. El tema de reacciones químicas, en particular oxidación y reducción, había obtenido menos respuestas correctas en la fase previa a la prueba posterior, tuvieron más respuestas correctas en la etapa posterior a la prueba seguida por la de enlace químico y por último, reacciones de la vida cotidiana. Para facilitar su análisis y comparación, la prueba final realizada por los tres grupos se analizó punto por punto usando el porcentaje de respuestas correctas, que fueron colocados en un orden descendente.

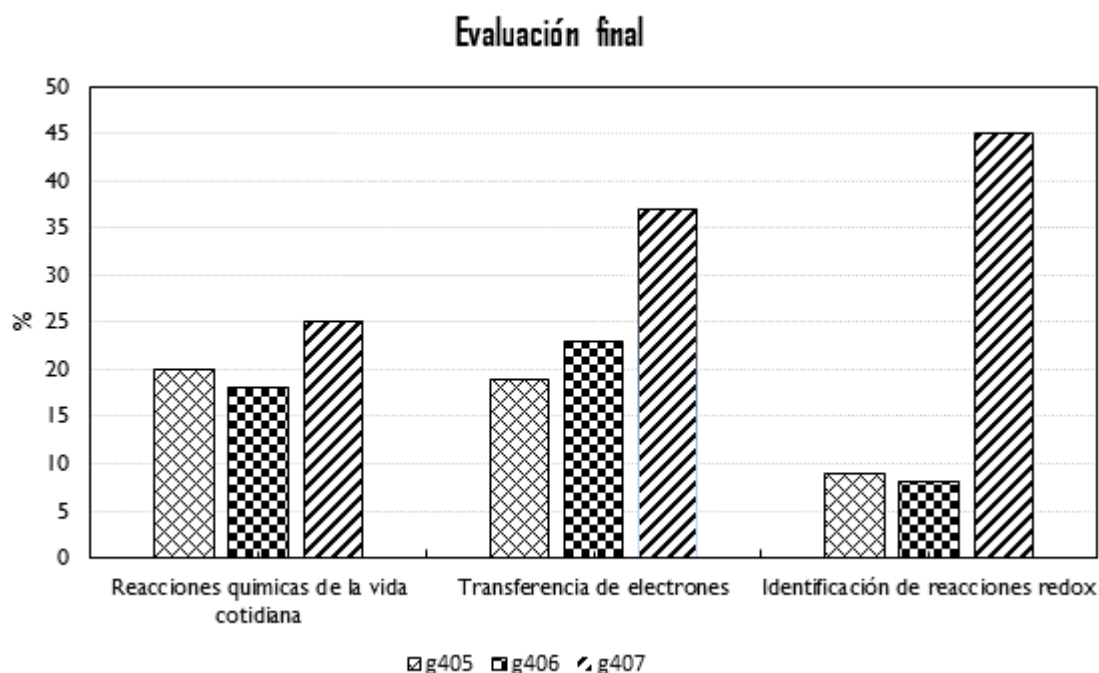


Figura 15. Porcentajes de respuestas correctas a cada elemento de la prueba de logros en la evaluación final

En la **Figura 15**, se presentan las respuestas de los estudiantes por ítem las cuales van de 18% y 88% para *g405*, 3% y 68% para *g406* y 2% y 81% *g407* respectivamente, en la prueba final. El ítem A, referido al cloruro de sodio en ácido clorhídrico, del apartado de "*Reacciones de la vida cotidiana*", obtuvo menos respuestas correctas, es decir, del 18%, 3% y 2% para *g405*, *g406* y *g407*, respectivamente. El ítem B, referente a la reacción del zinc con ácido clorhídrico del apartado correspondiente a reacción de oxidación y reducción, logró un alto porcentaje de respuestas correctas, 88%, 68% y 73% para *g405*, *g406* y *g407*, respectivamente. Analizando el rendimiento general de los tres grupos por ítem, se puede ver que el *g405* superó a los otros dos grupos, seguido por el *g407* y por último el grupo *g406*.

4.6.2.1 Reacciones de la vida cotidiana

Durante la etapa posterior a la prueba hubo una mejoría en la mayoría de los ítems en comparación con la prueba inicial (**Figura 16**).



Figura 16. Porcentajes de respuestas correctas a cada elemento de la prueba de logros en la evaluación final (*reacciones químicas de la vida cotidiana*).

Aunque este no fue el caso, el **ítem A**, aborda la reacción entre el cloruro sodio con ácido clorhídrico, obteniendo el menor número de respuestas correctas con un 18%, 3% y 2% de *g405*, *g406* y *g407*, respectivamente. Los estudiantes todavía mantenían la misma idea errónea de identificar una disolución de NaCl en HCl como una reacción ácido–base. El **ítem I**, que refiere al frotamiento de una varilla de ebonita obtuvo más respuestas correctas con el 88%, 53% y 66% para *g405*, *g406* y *g407*, respectivamente. La secuencia de las puntuaciones correctas sobre este apartado es el siguiente:

El **ítem E**, refiere la corrosión del metal, ocupando la posición dos, tres y dos para *g405*, *g406* y *g407* respectivamente, que muestran una mejora en el rendimiento de 25% a 50% y 25% a 42,5% para *g405* y *g406* respectivamente, mientras que *g407* obtuvo el 51% de las respuestas correctas.

Para el **Ítem B**, el cual refiere la reacción de la lámina de zinc con ácido clorhídrico, el rendimiento mejoró del 23% al 35% y del 30% al 50% para *g405* y *g406*, respectivamente,

mientras que *g407* obtuvo el 39% de las respuestas correctas. Este ítem se clasificó en la posición cinco, dos y tres para *g405*, *g406* y *g407* respectivamente.

Ítem C, que trata de la formación de óxido en la lámina de hierro, muestra una mejora del 33% a 40% para *g405* y 23% a 35% para *g406*, mientras que *g407* obtuvo un 34% de la respuesta correcta. No se presentó cambio en la concepción alternativa sobre este ítem ya que incluso los estudiantes después de las pruebas consideraban a esta reacción como de precipitación.

El **ítem K**, se refiere al proceso de la respiración, se mostró una mejora del 20% a 33% para *g405* y ninguna mejora para *g406* obteniendo 23%, mientras que *g407* obtuvo 24% de las respuestas correctas.

El **ítem L**, que trata de la fotosíntesis, está en la posición siete para *g405* y *g407* y cinco para *g406*, mostró una mejora del 13% a 30% y 25% para *g405* y *g406*, respectivamente, mientras que *g407* obtuvo 20% de las respuestas correctas.

Ítem J, que aborda la limpieza de un metal con Brasso, se ubica en la posición cuatro, once y nueve para *g405*, *g406* y *g407* respectivamente, la mejora de 15% a 37.5% para *g405* y *g406* se redujo de 13% a 8%, mientras que *g407* obtuvo el 17% de las respuestas correctas.

El **ítem F**, aborda el proceso de pardeamiento de la manzana, ocupando el lugar diez para *g405* y *g406* y el cinco para *g407*, obteniendo 15% el *g405* y 10% de las respuestas correctas. Los estudiantes mostraron una ligera mejoría del 15% al 25% para *g405*, se redujo para *g406* del 10% al 8%, mientras que para *g407* obtuvo el 25% de las respuestas correctas. No hubo ningún cambio en sus concepciones ya que todavía consideran esta reacción como de precipitado.

El **ítem D**, que trata de la combustión de petróleo, muestra una disminución del 30% a 18% y 18% a 13% para *g405* y *406*, respectivamente, mientras que el *g407* obtuvo un 18% de las respuestas correctas.

El **ítem G**, refiere a la reacción de un clavo en una disolución de blanqueador de ropa, hubo una mejora del 13% al 20% para el *g405* y pero disminuyó de 23% a 15% para el *g406*, mientras que el *g407* obtuvo solamente un 10% de las respuestas correctas.

Ítem H, se refiere al NaCl en agua, mostró una ligera mejora de 18% a 20% y 10% a 15% para *g405* y *g406* respectivamente, mientras que *g407* obtuvo el 5% de las respuestas correctas.

Analizando el rendimiento global de estos grupos, 35%, 24% 26% para *g405*, *g406* y *g407* respectivamente, el *g405* superó al *g407* y el *g407*, a su vez superó al *g406*.

El **ítem L**, que trata de la fotosíntesis, está en la posición siete para *g405* y *g407* y cinco para *g406*, mostró una mejora del 13% a 30% y 25% para *g405* y *g406*, respectivamente, mientras que *g407* obtuvo 20% de las respuestas correctas.

Ítem J, que aborda la limpieza de un metal con Brasso, se ubica en la posición cuatro, once y nueve para *g405*, *g406* y *g407* respectivamente, la mejora de 15% a 37.5% para *g405* y *g406* se redujo de 13% a 8%, mientras que *g407* obtuvo el 17% de las respuestas correctas.

El **ítem F**, aborda el proceso de pardeamiento de la manzana, ocupando el lugar diez para *g405* y *g406* y el cinco para *g407*, obteniendo 15% el *g405* y 10% de las respuestas correctas. Los estudiantes mostraron una ligera mejoría del 15% al 25% para *g405*, se redujo para *g406* del 10% al 8%, mientras que para *g407* obtuvo el 25% de las respuestas correctas. No hubo ningún cambio en sus concepciones ya que todavía consideran esta reacción como de precipitado.

El **ítem D**, que trata de la combustión de petróleo, muestra una disminución del 30% a 18% y 18% a 13% para *g405* y *406*, respectivamente, mientras que el *g407* obtuvo un 18% de las respuestas correctas.

El **ítem G**, refiere a la reacción de un clavo en una disolución de blanqueador de ropa, hubo una mejora del 13% al 20% para el *g405* y pero disminuyó de 23% a 15% para el *g406*, mientras que el *g407* obtuvo solamente un 10% de las respuestas correctas.

Ítem H, se refiere al NaCl en agua, mostró una ligera mejora de 18% a 20% y 10% a 15% para *g405* y *g406* respectivamente, mientras que *g407* obtuvo el 5% de las respuestas correctas.

Analizando el rendimiento global de estos grupos, 35%, 24% 26% para *g405*, *g406* y *g407* respectivamente, el *g405* superó al *g407* y el *g407*, a su vez superó al *g406*. Es evidente que, a pesar de un ejemplo de un Reacciones la vida cotidiana, la fluoración, había sido utilizado durante la intervención, y la mayoría de las reacciones sobre este tema fueron utilizados como ejemplos, los estudiantes todavía se aferran a sus conceptos alternativos tales como decoloración de una manzana que fue causada por una bacteria que se encuentra en una manzana cortada provocando que sea ponga color marrón y vieja. Según Soudani et al. (2000):

i) A los estudiantes, probablemente nunca se les ha solicitado realizar interpretaciones químicas del fenómeno cotidiano, no toman en cuenta la relación entre el fenómeno biológico (respiración y la fotosíntesis) que estudiaron durante los cursos de biología... (ii) los planes de estudio, libros de texto y exámenes tienden a concentrarse sobre el lenguaje simbólico, en lugar de entrenar la mente científica.

Según Stavridou y Solomonidou (1998), la enseñanza de la química debería mejorar la forma en que los alumnos comprenden los conceptos mediante el sentido común, es importante hacer frente a las concepciones alternativas, y alentar a los alumnos a aplicar y utilizar los conceptos científicos para describir y explicar los fenómenos de la vida cotidiana de una manera más sistemática.

4.6.2.2 Intercambio de electrones

Este tema contenía de 10 ítems. Dos de estos ítems tuvieron que ser eliminados después de la prueba previa ya que los estudiantes las encontraron vagas y confusa. Estos fueron (i) el ítem C, "si el reactivo, transfirió electrones, es un ion positivo se convertirá en un ...". (ii) del ítem E, "si el reactivo, que ha aceptado electrones, es un ion negativo se convertirá en un ...". Esto causó un cambio en la numeración de ítems, es decir, el ítem D se convirtió en C, F (D), etc.

Como se mencionó en la sección 3.3.4, la comprensión de los estudiantes sobre el *intercambio de electrones* se exploró mediante el uso de una prueba destinada a probar las habilidades de lectura y comprensión por parte de los estudiantes. El análisis de la legibilidad de este tema se presenta en la **Tabla 17**.

Tabla 17: Análisis del apartado de intercambio iónico en la etapa posterior a la prueba

Puntuaciones	g405 n (%)	g406 n (%)	g407 n (%)	Descripción
90–100	1 (3%)	--	--	Nivel independiente
80–89	1 (3%)	--	1 (2%)	Nivel Instructivo
75–79	--	--	--	
60–74	4 (10%)	2 (5%)	2 (5%)	Nivel de frustración
50–59	3 (8%)	2 (5%)	1 (2%)	
40–49	5 (13%)	4 (10%)	5 (12%)	
30–39	6 (15%)	14 (35%)	9 (22%)	
16–29	15 (38%)	8 (20%)	18 (44%)	
0–15	5 (13%)	11 (27,5%)	5 (12%)	
Total	30	30	30	

Los porcentajes se redondean

Un examen detallado de la **Tabla 17** muestra que el 2.5% de los estudiantes del *g405* caen dentro del nivel de lectura independiente. Sin embargo, ninguno del *g406* y *g407* pertenecen a esta categoría. Esto implica que sólo el 3% de los estudiantes en el *g405* podría leer y comprender sin la ayuda del profesor. Aproximadamente el 3% y el 2% para *g405* y *g407* caen respectivamente en el nivel de instrucción. Esto implica que sólo un pequeño porcentaje de *g405* y *g407* fue capaz de comprender el fragmento con un poco de ayuda del profesor.

Alrededor del 94%, 100% y 98% para *g405*, *g406* y *g407* respectivamente, en el nivel de frustración en la lectura. En promedio, alrededor del 97% de los estudiantes entran en el nivel de frustración en.

Esto implica que la mayoría de los estudiantes de cada grupo, probablemente experimentó dificultades en la comprensión del concepto de *transferencia de electrones*. Esto también implica que, a pesar de la intervención, sólo un pequeño porcentaje de cada grupo mejoró sus habilidades de lectura y comprensión. Esta es una confirmación más de los estudios anteriores que las deficiencias en lectura y comprensión no pueden mejorarse tan fácilmente dentro de una intervención de instrucción corta (por ejemplo, véase Tesfai, 2001; Tewolde, 2001). Para más comparación de los tres grupos en el tema de enlace químico, los resultados obtenidos por los estudiantes se presentan en la **Figura 15**.

Transferencia de electrones

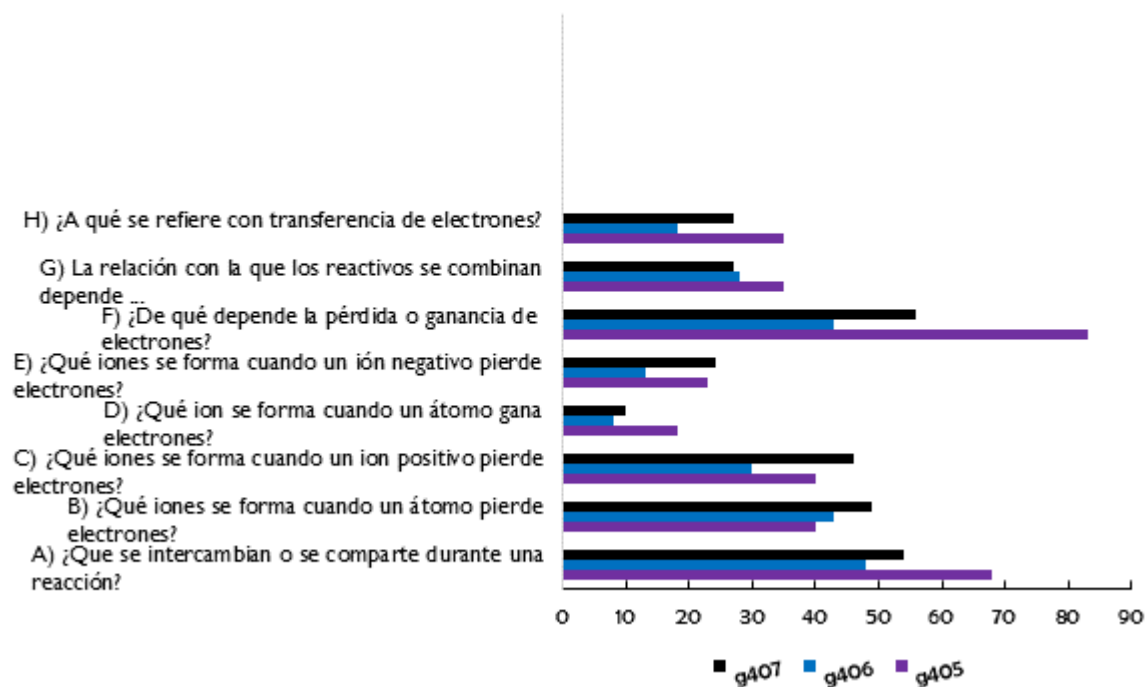


Figura 17. Porcentajes de respuestas correctas a cada elemento de la prueba de logros en la evaluación final (*transferencia de electrones*).

El rendimiento de los estudiantes durante la prueba final osciló entre el 18% y el 83% (*g405*), 8% y el 48% (*g406*) y el 10% al 54% para (*g407*), respectivamente. El **ítem D**, que trató de indagar sobre lo que los estudiantes sabían respecto a la transferencia de electrones, las respuestas correctas fueron pocas, 18%, 8% y 10% para *g405*, *g406* y *g407* respectivamente. El ítem F, evalúa lo que los estudiantes sabían respecto al proceso de transferencia de electrones, obtuvo la mayor cantidad de respuestas, 83%, 43% y 56% para *g405*, *g406* y *g407*, el ítem A, se orienta a indagar en los estudiantes, si estos sabían lo que se transfiere o se intercambia durante una reacción de oxidación y reducción, obteniendo 68%, 48% y 54% para *g405*, *g406* y *g407*.

Los otros ítems siguieron en la siguiente secuencia:

Ítem B, referido a descubrir si los estudiantes sabían qué ion se forma cuando un átomo pierde electrones, mejoró de un 15% al 40% y 43% para *g405* y *g406*, respectivamente, mientras que *g407* obtuvo el 49% de las respuestas correctas en ubicándose en la posición tres, dos y tres, respectivamente.

Ítem C, en un intento de evaluar si los estudiantes sabían que ion se forma cuando un átomo gana electrones, mejoró de 25% a 40% y 13 a 30% para *g405* y *g406* respectivamente, mientras que *g407* obtiene 47% de las respuestas correctas clasificación de cuatro.

Ítem G, que trata de descubrir si los estudiantes podían identificar el agente oxidante, la mejora del 8% al 35% y 18% a 28% para *g405* y *g406* respectivamente, mientras que *g407* obtuvo 27% de las respuestas correctas en la clasificación cinco.

Ítem H, trata de averiguar si los estudiantes podían identificar el agente oxidante, mejora del 8% al 35% para *g405* y *g406* se mantuvo en 18%, mientras que *g407* obtuvo el 27% de las respuestas correctas en la clasificación seis.

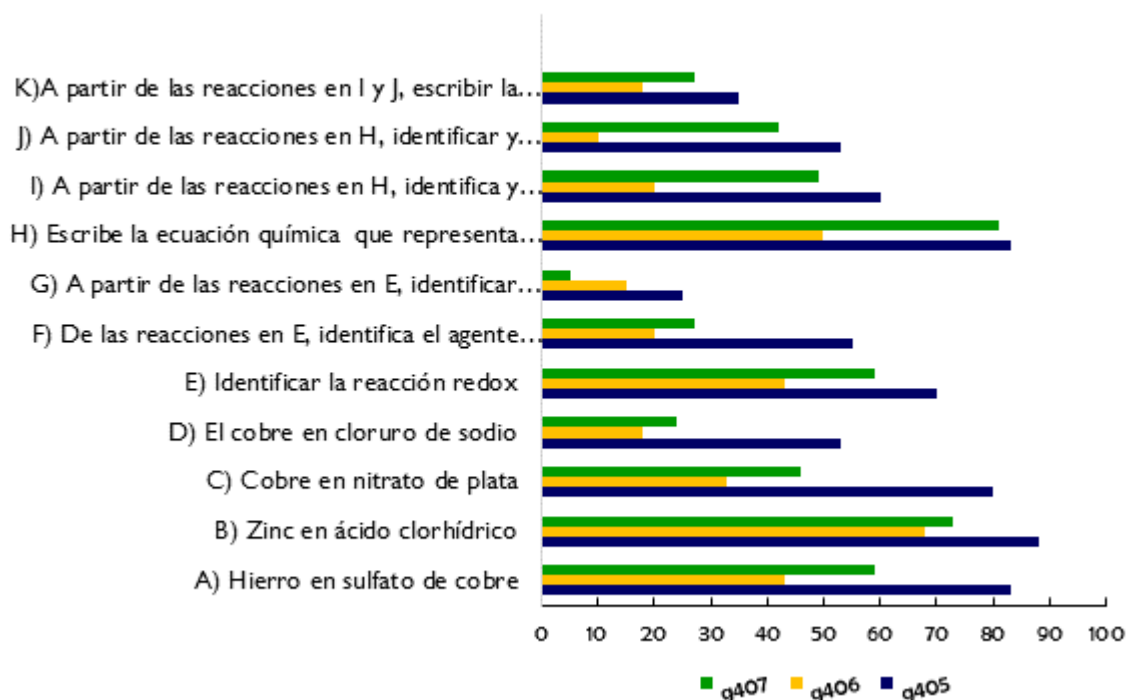
Ítem E, que trata de descubrir si los estudiantes sabían la proporción con la que los reactivos se combinan, clasificado siete mostrando una disminución de 25% a 23% y 30% a 13% *g405* y *g406*, mientras que *g407* atrajo a 25% de las respuestas correctas.

Los conceptos de **ítems D y E** (valencia y electronegatividad) se introducen en el objetivo dos del programa de estudio de Química II, después de lo cual no hay ninguna mención de ellos. Uno esperaría que los estudiantes comprendieran y fueran capaces de aplicarlos. Sabiendo que la mayoría de los estudiantes tienden a fragmentar su aprendizaje, esta podría ser la razón de su bajo rendimiento en estos dos conceptos. Aunque estos dos conceptos, valencia y electronegatividad, se revisaron durante las clases, es obvio a partir de sus respuestas que los estudiantes no parecían encontrar la información lo suficientemente significativa para que la entendieran, probablemente debido a que carecían de sub-conceptos subyacentes.

4.6.2.3 Reacciones químicas, caso particular oxidación y reducción

Un examen detallado de la **Figura 18** indica que con respecto a este apartado, el desempeño de los estudiantes mejoró excepcionalmente bien. Durante la prueba inicial, cinco ítems no tenían respuestas correctas. El rendimiento general mejoró de 9% a 62% y 8% a 31% para *g405* y *g406* respectivamente, mientras que el *g407* registró un 45%. El rendimiento de los estudiantes en la prueba final osciló entre el 25% y el 88%, del 10% al 68% y 5% al 81% para *g405*, *g406* y *g407*.

Identificación de reacciones de oxidación y reducción



Nota: el g-405 (n = 30); g-405 (n = 27); g-406 (n = 30); Los porcentajes se han redondeado.

Figura 18. Porcentajes de respuestas correctas a cada elemento de la prueba de logros en la evaluación final (*identificación de reacciones redox*).

Este ítem G, trata de evaluar si los estudiantes podrían identificar un agente oxidante de una reacción presentada en el ítem E, obtuvo pocas respuestas correctas con 25%, 15% y 5% para g405, g406 y g407, respectivamente,

Ítem B, evaluar si los estudiantes podrían escribir una ecuación química y balancearla, es decir, utilizar un nivel simbólico para la reacción del zinc cayó en ácido clorhídrico dando una explicación de los productos, obtuvo un 88%, 68% y 73% para g405, g406 y g407 de respuestas correctas.

A pesar de la mejora, algunos estudiantes seguían mostrando un grado de dificultad para escribir fórmulas, es decir, escribieron los productos como $ZnCl + H$, en lugar de $ZnCl_2 + H_2$. Se obtuvo un 9% de respuestas. Esto es una indicación de que los estudiantes generalmente tienen un problema para escribir las ecuaciones químicas. Esto se puede atribuir a su imposibilidad para

“leer” una tabla periódica, así como no saber electrones de valencia y su aplicación en la formación de compuestos.

En el **ítem H**, los estudiantes tenían que escribir la ecuación química a partir del lenguaje verbal para una reacción de $\text{Cu} + \text{HNO}_3$. Grupos *g405*, *g406* y *g407* obtuvieron 83%, 50% y 81%.

El **ítem A**, requiere que los estudiantes escriban una ecuación química completa y balanceada para la reacción del hierro en sulfato de cobre. Los *g405*, *g406* y *g407* obtuvieron 83%, 43% y 59%, respectivamente, la clasificación de tres.

El **ítem E**, se pide a los estudiantes identifiquen la reacción de oxidación y reducción de las siguientes reacciones: (a) $2\text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{HgO}$; (b) $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$. En estos grupos de ítems el *g405*, *g406* y *g407* obtuvieron 70%, 43% y 59%, respectivamente.

El **ítem C**, intenta determinar si los estudiantes podrían escribir una ecuación química completa y balanceada, la reacción del cobre con nitrato de palta. Los resultados obtenidos fueron de 80%, 33% y 46 % de las respuestas correctas, para *g405*, *g406* y *g407*.

Para el **ítem I**, solicito a los estudiantes identificar y escribir la media reacción de oxidación para la reacción del ítem H. Este ítem obtuvo alrededor del 60% (*g405*), 20% (*g406*) y 49% (*g407*) de las respuestas correctas.

A continuación, el **ítem J**, donde los estudiantes tenían que identificar y escribir la media reacción de reducción para la reacción en H obtuvo alrededor del 53%, 10% y 42% de las respuestas correctas para *g405*, *g406* y *g407*.

Ítem F, trató de evaluar si los estudiantes podrían identificar el agente reductor a partir de una reacción presentada en el ítem E, obteniendo el menor número de respuestas correctas del 55% (*g405*), 20% (*g406*) y 27% (*g407*).

Ítem D evaluó si los estudiantes podrían escribir una ecuación química, completa y balanceada, la reacción del cobre en cloruro de sodio, obtuvo un 53% (*g405*), 18% (*g406*) y 25% (*g407*) de las respuestas correctas.

En el **Ítem K**, se requiere que los estudiantes utilicen las reacciones de los **ítems I y J** para escribir la reacción neta, fue la penúltima, obteniendo 35%, 18% y 27% de respuestas correctas para *g405*, *g406* y *g407*.

La destacada participación de los estudiantes en los **ítems B, H, A y C** no es ninguna sorpresa ya que estas reacciones tienen un sonido, burbujeo o cambio de color. Tales reacciones parecen ser más reconocibles y recordadas por los estudiantes que por los conceptos o distintos modelos de oxidación y reducción. Esto confirma lo reportado por Driver, Asoko, Leach, Mortimer y Scott (1994) donde se menciona que los estudiantes tienden a reconocer que se ha producido una reacción química por las características macroscópicas.

Al examinar el rendimiento global de los tres grupos, el grupo *g405* registró mejores resultados que los otros dos grupos quienes obtuvieron el 62% de las respuestas correctas seguidas por el grupo *g407* con un 45%, y el grupo *g406* con el 31%. En todos los ítems, el grupo *g405* superó a los grupos *g406* y *g407*. Con la excepción de los **ítems B y G** (donde *g406* superó *g407*), el *g407* obtuvo mejor rendimiento en todos los ítems en comparación al *g406*.

Dos problemas surgieron sobre este tema. Son: (a) los estudiantes presentan dificultades para escribir fórmulas de los compuestos, no consideran las leyes y teorías que dan sentido a los símbolos químicos (Yarroch, 1995), (b) la imposibilidad de explicar sus observaciones, algunos utilizan analogías para explicar el fenómeno en cuestión (Hesse y Anderson, 1992). Con respecto a sus observaciones sobre la reacción del Zn en una solución de HCl, aquí están algunas de sus explicaciones:

E1: Hay desprendimiento de gas durante el tiempo que dura la reacción.

E2: Considerando que se desprende el gas, el cual es hidrógeno porque está presente en uno de los reactivos.

Los estudiantes que no dieron ninguna explicación de sus observaciones podrían haber memorizado las observaciones basadas en el hecho de que ellos tal vez habían realizado algunas de estas reacciones, ya sea como experimentos en clase o como parte de la tarea. Además, parece que los estudiantes no podían encontrar la conexión entre sus observaciones y la explicación dada por el profesor en clase o en el libro de texto y por lo tanto no podía ofrecer las respuestas correctas a las tareas antes mencionadas. Ahtee y Varjola (1998) señalaron que en el caso de las reacciones químicas, los estudiantes tienden a tener un conflicto cognitivo entre las observaciones hechas en el verdadero nivel macroscópico y las explicaciones teóricas del nivel submicroscópico.

El rendimiento de los estudiantes sobre el tema de las reacciones químicas confirma lo que Hesse y Anderson (1992) han mencionado. Hesse y Anderson afirman que: los estudiantes tienen gran dificultad en cambiar su forma de pensar cuando se les pide que pasen desde el nivel fenomenológico de la química (es decir, cambios observables en las sustancias) al nivel atómico molecular, que le permitiría explicar los cambios observables en términos de las interacciones entre átomos y moléculas. Esta falta de movilidad en los distintos niveles de la química crea otros problemas para los estudiantes.

4.7 Las percepciones de los estudiantes sobre la enseñanza de las reacciones rédox

Los estudios que se han hecho específicamente para determinar las percepciones de los estudiantes de las clases de ciencias son relativamente pocos (Mbajioorju, 1999), en comparación con los interesados para determinar los niveles de comprensión de ciertos conceptos científicos (Valiente, 2003; Ogunniyi y Mikalsen, 2003; Ogunniyi and Taale, 2003) o las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia (Taiwo, 1996). Para conocer las percepciones de los estudiantes sobre la enseñanza de las reacciones rédox, se les entregó una actividad con tres oraciones respecto a la enseñanza, los estudiantes tenían las opciones: de acuerdo (A) o en desacuerdo (DA) y se les pedía dar una explicación del porqué de su elección. De los 86 estudiantes en este cuestionario, 66 estudiantes la contestaron y regresaron. Las respuestas de los 66 estudiantes se recogen en la tabla 19 y se clasifican de acuerdo a las preferencias según los estudiantes.

Un examen detallado de la **Tabla 18** indica que el 86 % de los estudiantes consideran útil los *experimentos* para la comprensión del concepto, en tanto que el 8% está en desacuerdo y el 6% no dio opinión. De la declaración, *"la forma en que se presentó el tema de oxidación y reducción fue interesante, y me ha hecho entender mucho mejor cómo ocurren este tipo de reacciones"*, el 83 % de los estudiantes, 14 % en desacuerdo mientras que el 3 % no respondió. De la declaración, *"puedo identificar una reacción rédox y la reacción media de oxidación y de reducción con facilidad"*, el 82 % de los estudiantes están de acuerdo, 14 % está en desacuerdo y el 4 % no respondió. A partir de estos resultados se puede deducir que los estudiantes se mostraron satisfechos con la forma en que el tema fue presentado. A pesar de que eran necesarios para proporcionar una explicación de sus respuestas, muy pocos los que lo hacen.

Tabla 18: La percepción que tienen los estudiantes sobre la enseñanza de las reacciones de oxidación y reducción

Declaración	A (%)	DA (%)	NO (%)
Los experimentos me ayudaron a tener una mejor comprensión del concepto.	86	8	6
La forma en que se presentó el tema de oxidación y reducción fue interesante, y me ha hecho entender mucho mejor cómo ocurren este tipo de reacciones	83	14	3
Puedo identificar una reacción rédox y la reacción media de oxidación y de reducción con facilidad.	82	14	4
SUBTOTAL	84	12	4

NB: Los porcentajes se han redondeado

Un número considerable de estudiantes tenían la preocupación de “cubrir” la evaluación final, los siguientes extractos corroboran esta opinión:

E1: *Porque a partir de tu propia experiencia es fácil de entender y sobretodo... fácil de recordar al realizar las evaluaciones (g405)*

E1: *Porque cuando se hace práctico al escribir, no es necesario leer porque recuerdas todo lo que se ha hecho (g406)*

E1: *Porque cuando haces el experimento de la oxidación te resulta un poco más fácil de entender y es fácil de recordar para la prueba de evaluación (g407)*

Algunos estudiantes tienen una mejor oportunidad de retener los conocimientos adquiridos realizando los experimentos; sin embargo, su principal preocupación se basó en tener una mejor comprensión de los conceptos enseñados. Estos estudiantes consideran la parte de laboratorio como una herramienta para mejorar y complementar los conocimientos adquiridos en las lecciones. Las siguientes razones fueron dadas por los estudiantes:

E2: *Debido a que los experimentos me dan idea o una mayor comprensión acerca de este tema o concepto al respecto. Me ayudó a tener una mejor comprensión del concepto y a aprender las cosas (g405)*

E2: *Sí, porque veo los colores y las masas tal vez la disminución o el aumento de masa o se transforman los colores (g406)*

E2: *Porque sé cómo identificar un agente oxidante o un agente reductor. Debido a la transferencia de electrones (g406)*

E2: *En un trabajo práctico para mí no hay necesidad de estudiar o repasar el libro después del experimento, es muy fácil recordar lo que se hizo prácticamente y de lo que has discutido (g407)*

E2: *Porque sé que explicar acerca de experimentar lo que he hecho, cuando estoy haciendo no es fácil olvidar que (g407)*

Pocos estudiantes no estaban de acuerdo dando las siguientes razones para apoyar sus opiniones.

E3: *resulta difícil hacerlo (g405)*

E4: *Debido a que no entiendo claramente el experimento y por lo tanto pues no sé qué hay que recordar cuando se escribe la reacción (g406)*

E5: *Porque yo no entendí algunos experimentos de la reacción (g407)*

La declaración dos, *"la forma en que se presentó el tema de oxidación y reducción fue interesante, y me ha hecho entender mucho mejor cómo ocurren este tipo de reacciones"*, la mayoría de los estudiantes estuvieron de acuerdo con la afirmación, ya que encontraron el tema más rápido, interesante y fácil de entender. Éstos son lo que algunos de sus comentarios:

E1: *Este tema fue fácil para mí, tal vez sea porque estoy tan interesado y me ha hecho comprender las reacciones que se producen mucho más mejor (g405)*

E2: *Debido a que fue más interesante la lección (g406)*

E1: *Debido a que la primera lección fue fácil de entender (g407)*

Este grupo de estudiantes consideró que la lección les dio más conocimiento y, por lo tanto, les ayudó a comprender mejor el siguiente y otros temas relacionados.

E2: *Porque si no entiendo la primera lección, no se puede entender todo el objetivo. Se nos da conocimiento (g405)*

E4: *Porque la experiencia me ha ayudado a tener una mejor idea de lo que me falta... (g405)*

E3: *Al principio estaba confundido acerca de los electrones que se donan y aceptan por otra sustancia. Pero, a medida que avanzamos, me intereso el tema y lo entiendo...(g406)*

E2: *Fue un poco difícil al inicio, pero me permitió ampliar mis conocimientos de un modo más fácil. A diferenciar las soluciones (g407)*

Un pequeño número de estudiantes implicados en este estudio atribuyó su mejor comprensión de la oxidación y reducción por la manera en que el tema se les presentó, así como influyó en un cambio de su actitud.

E5: *Se presenta de una mejor forma e interesante y me hizo entender porque puedo recordar la solución de reacción y los cambios (g405)*

E5: *La presentación del tema me mantuvo interesado y estar curioso de lo que fuera a suceder y colaborar este tipo de reacción con otras reacciones (g406)*

E5: *Debido a que el profesor tiene una paciencia con los estudiantes, por lo que me hace siempre interesante su tema (g407)*

Algunos de los estudiantes no estuvieron de acuerdo con los motivos de las declaraciones, de que no entendían el tema y por lo tanto, no les pareció interesante. Algunos sienten que necesitan más lecciones sobre el tema.

E3: *Incluso en el comienzo No entendí que de nuevo en tiene este tema (g405)*

E6: *No entendí la lección (g406)*

E7: *Yo no estaba interesado porque en ese momento no entendía, pero como la lección continuó logre entender un poco (g406)*

E4: *No sé cómo se producen las reacciones de oxidación y reducción, simplemente no entiendo. Quiero más clases de este tipo de reacción (g407)*

Dos estudiantes (3%) consideraron que debería haberse dedicado más tiempo a este tema. También consideraron que no tenían en cuenta a los 'estudiantes lentos'.

E6: *El capítulo se llevó a cabo en una fase corta y no soy tan bueno en la comprensión de las reacciones químicas en tan poco tiempo (g405)*

E6: *La lección era interesante, pero para mí algo se enseñó de manera muy rápida, pues yo no soy muy "bueno" para la química (g407)*

La declaración, "*puedo identificar una reacción redox y la reacción media de oxidación y de reducción con facilidad*" quedó en el último lugar. Las razones para las opciones de los estudiantes sobre este tema fueron de la siguiente manera:

E₄: *Es fácil para mí, porque yo sé lo que es una reacción rédox y también sé identificar la oxidación y la reducción de medio de reacción (g405)*

E₁: *Porque consulté libros, y explicaba lo que es la reacción rédox, la oxidación y la reducción, la media reacción de oxidación y de reducción (g407)*

Estos estudiantes parecen haber desarrollado una actitud positiva hacia el tema, lo que podría ser un factor que contribuye a la búsqueda de la lección un tanto más fácil, teniendo así una mejor comprensión de los conceptos involucrados, como se muestra a continuación:

E₁: *Sí, puedo entender ahora mejor que antes. Es más fácil para mí poder diferenciar entre ellos (g405).*

E₁: *Fue el capítulo que más me gusto porque entendí mejor que antes. Es fácil para diferenciarlos de los que otros (g406)*

Como puede leerse en las siguientes observaciones, se puede deducir que los conocimientos adquiridos por los estudiantes en el tema fueron significativos para ellos:

E₂: *Puedo detectar cuando la reacción es de oxidación o reducción, y puedo escribir reacción neta de la ecuación. Mi problema es cuando se debe escoger el medio de reacción y establecer las medias reacciones (g405)*

E₃: *Porque sé cómo diferenciar la reacción rédox y la media reacción también puedo saber cómo hacer otras reacciones (g406)*

E₂: *Porque ayuda a dar sentido a los muchos términos en un tema y organizarlos de una manera significativa (g407)*

Además de las declaraciones que figuran a continuación parece obvio que los estudiantes fueron capaces de identificar las reacciones mediante el uso de la tabla de potencial estándar del electrodo. Sea o no entendían cómo ocurrieron estas reacciones con el fin de poder aplicar la información sobre otros temas relacionados. A continuación, se reflejan sus puntos de vista:

E₇: *Entiendo reacción rédox. Sé en mi mesa en la que es la oxidación y la reducción de oxidación y sé electrones o reducir las pérdidas acepta electrones (g405).*

E₅: *Es muy fácil de identificar reacción rédox y la media reacción de oxidación y la reducción de la mitad de la reacción con facilidad de acuerdo a la célula electroquímica y rédox estándar de mesa potencial (g406).*

E₃: *Son mucho más fáciles comprensible cuando se utiliza una tabla 4 (g407).*

Con este grupo de estudiantes, parece que les gustó la forma en que el profesor presenta la lección, ya que facilita su comprensión conceptual de los temas en cuestión:

E5: *La forma en que nos enseña hace que tenga una comprensión clara del tema (g405)*
E5: *Es fácil de entender e identificar las reacciones rédox, la oxidación, la reducción y las medias reacciones. El profesor hace interesante la enseñanza del tema (g407)*

Uno no puede estar seguro si estos estudiantes sólo están verbalizando sus respuestas o realmente entienden estos términos. En lugar de abordar la cuestión, escribieron las definiciones, las cuales estaban en sus notas.

E8: *Porque sé que los electrones sueltos de oxidación reducción de ganar electrones y la reacción rédox se acerca agente reductor y agente oxidante (g405)*
E2: *Puedo identificar con bastante facilidad mediante la obtención y pérdida de electrones para generar energía (g406)*
E4: *agente reductor se pierde electrones por sustancias. Reacción rédox en el término de la reacción de electrones de transferencia (g407)*

Los pocos alumnos que no estuvieron de acuerdo con esta afirmación parecían estar confundidos sin saber qué reacción era cual. Probablemente ellos entenderían mejor cuando se hicieran las correcciones, ya que afirman que necesitan más explicación.

E9: *todavía estoy confundido, si pudiera el maestro explicar a una vez más, entonces creo que pudiera tener una mejor comprensión (g405).*
E6: *yo no entendía claramente cuando realizamos los ejercicios en el aula (g406)*
E7: *Tengo un poco de confusión. Tomo la reducción como la oxidación por lo que estoy intentando de diferenciar cual es cual (g407)*

Del análisis de resultados, para ser precisos, el 83.4% de los estudiantes acordó por unanimidad que el tema se presentó de una manera muy interesante y les hizo tener una mejor comprensión de cómo se producen las reacciones de oxidación y reducción. Ellos afirmaron que ahora podían identificar las reacciones implicadas en la lección y serían capaces de aplicar la información de otros temas relacionados. Para ellos, los experimentos realizados han ayudado a mejorar su comprensión de las reacciones rédox y de las semirreacciones oxidación y reducción. Las explicaciones dadas por estos estudiantes, confirman el éxito de la lección. Sin embargo, mirando a algunas de las respuestas de la prueba de logros, algunos de estos estudiantes parecían confundir la reducción o agente oxidante con la reducción y la oxidación. Estos son algunos de los extractos:

La oxidación se produce en el agente oxidante. El reactivo que transfiere electrones es oxidante y el que acepta ellos está reduciendo.

Esta fue también una de las conclusiones de un estudio realizado por Schmidt & Volke (2003) entre los estudiantes de preparatoria. Sin embargo, no se puede descartar el 11.6% que no está de acuerdo con estas afirmaciones. Algunos de los estudiantes se quejaron por el poco tiempo destinado a la enseñanza del tema. Este hecho ha sido reconocido como una de las limitaciones del estudio. Se espera que las lecciones de remediación abordarían estas limitaciones para que ningún estudiante podría estar en desventaja en el largo plazo.

4.8. Resultados que muestran que la nueva propuesta contribuye a generar actitudes positivas de los alumnos hacia el aprendizaje del concepto de oxidación y reducción.

Seguidamente presentamos los resultados obtenidos en el cuestionario acerca de la influencia de la nueva propuesta en las actitudes de los alumnos hacia el aprendizaje del concepto de oxidación y reducción, en el que se pide su valoración sobre los contenidos trabajados y los materiales utilizados, la metodología de enseñanza, y su grado de satisfacción global. La **Tabla 19** recoge los resultados obtenidos para cada una de las partes de que constaba el cuestionario (**Anexo 7**).

Tabla 19. Resultados del cuestionario respecto a las actitudes de los alumnos

Aspecto estudiado	Promedio	Desviación
APARTADO 1. SOBRE LOS CONTENIDOS TRABAJADOS Y LOS MATERIALES UTILIZADOS.		
1. La cantidad de contenidos ha sido adecuada.	6.8	1.1
2. Los contenidos eran adecuados, en cuanto a dificultad, para mi nivel de conocimientos.	6.7	1.7
3. El modelo de resolución de problemas trabajado sirve de guía para iniciarse en la resolución de los mismos.	7.6	1.4
4. La utilización del trabajo experimental como herramienta didáctica para el aprendizaje del concepto de oxidación y reducción es necesario y sirve de ayuda para comprender mejor los fenómenos cotidianos.	8.2	1.6
5. Los materiales que ha facilitado el profesor son de calidad.	7.8	1.2
VALORACIÓN GLOBAL DEL APARTADO 1. (Contenidos y materiales)	7.4	1.1
APARTADO 2. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA.		
1. El método de enseñanza fue adecuado a los contenidos.	7.4	1.1
2. En clase se dieron las condiciones necesarias para que los estudiantes pudieran aprender.	7.5	1.3
3. Las actividades propuestas en clase eran adecuadas y estaban bien organizadas para un aprendizaje gradual de la oxidación y reducción.	7.5	1.3

4. Se hacían puestas en común que ayudaban a orientar la resolución de las actividades, clarificar las soluciones, y a detectar deficiencias y errores de razonamiento o conceptuales.	7.7	1.3
5. En el aula había un buen clima de trabajo y se fomentaba la participación.		
6. La forma de trabajo había sido previamente discutida con los alumnos.	8.1	1.1
7. La realización de trabajos individuales en casa, y su corrección y valoración individualizada por parte del profesor, permite conocer la evolución del alumno y su grado de asimilación.	7.6	1.7
8. El sistema de evaluación seguido es adecuado.	7.7	1.3
	8.3	1.3
VALORACIÓN GLOBAL DEL APARTADO 2. (Metodología de enseñanza)	7.8	1
APARTADO 3. SOBRE TU GRADO DE SATISFACCIÓN GLOBAL		
1. Las clases de este tema han conseguido atraer mi interés	7.1	2
2. Creo que debería haber menos horas de clase de esta materia	4.1	2.6
3. La realización de experimentos en el laboratorio me ha motivado para seguir las clases con más interés	6.4	1.8
VALORACIÓN GLOBAL DEL APARTADO 3 (Grado de satisfacción global)	6.8	1.8

Teniendo en cuenta que el nivel 5 sería neutro, los alumnos del grupo experimental muestran una actitud positiva hacia los contenidos trabajados y los materiales utilizados, la metodología de enseñanza, y su grado de satisfacción global. Así, en el apartado sobre contenidos trabajados y materiales utilizados se obtienen puntuaciones medias entre 6.7 y 8.2 (media global de 7.4). En el apartado sobre la metodología seguida se obtienen puntuaciones medias entre 7.4 y 8.1 (media global de 7.8). Y por último, en el grado de satisfacción global, puntuaciones medias entre 4.1 y 7.1 (media global de 6.8).

En particular, destacan positivamente aspectos como la utilización del trabajo experimental como herramienta didáctica para la enseñanza de la oxidación y reducción (ítem 1.4, media 8.2), el clima de trabajo y la participación (ítem 2.5, media 8,1), y el sistema de evaluación (ítem 2.8, media 8,3). Como comentarios particulares, destacar que sobre los dos ítems en los que se cuestiona al alumno sobre el trabajo experimental (ítem 1.4 y 3.3), el alumno considera necesaria su utilización para comprender mejor las reacciones químicas (media 8.2), pero no valora tanto su utilización como un elemento motivador para seguir las clases con más interés (media 6,4, siendo ésta la segunda puntuación más baja de todas).

La metodología de enseñanza obtiene puntuaciones altas en todos los ítems, obteniendo como valoración global una puntuación media de 7.8. En el apartado sobre el grado de satisfacción global, destaca el ítem en el que se afirma que debería haber menos horas de clase en esta materia (media de 4.1 y la mayor desviación de todos los ítems), estando los alumnos en este

sentido claramente en contra de dicha afirmación. Con este ítem está relacionado el 1.1 (la cantidad de contenidos ha sido adecuada), en la que se obtiene una media de 6.8, que, aun siendo positiva, es al mismo tiempo, es una de las puntuaciones más bajas de todos los ítems (la cuarta más baja). Es decir, los estudiantes dan a entender que para el aprendizaje del tema de oxidación y reducción es necesario disponer de más horas de clase, y realizar más problemas, aunque la cantidad de contenidos trabajados sería adecuada.

En resumen, los alumnos que han seguido la propuesta alternativa en el grupo experimental se muestran satisfechos con los contenidos trabajados y los materiales utilizados, valoran muy positivamente la metodología de enseñanza seguida, y han seguido las clases del tema de oxidación y reducción con interés. Por otro lado, los alumnos consideran necesario dedicar más tiempo de clase a esta materia. Se muestran a continuación algunos de los comentarios de los alumnos sobre los distintos aspectos tratados:

<p>SOBRE LOS CONTENIDOS TRABAJADOS Y LOS MATERIALES UTILIZADOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> ★ <i>Habría que hacer más ejercicios y hace falta más tiempo.</i> ★ <i>A mí lo que trabajamos en el modelo de resolución me sirvió de mucho. Yo empecé de cero, o sea, no sabía nada, es que no sabía ni siquiera por dónde empezar. Me sirvió en un principio para poder saber cómo empezar, para tener una orientación.</i> ★ <i>Lo del modelo de resolución ayuda sobre todo cuando la reacción química es difícil. Me acuerdo de una reacción que se explicó siguiendo los procedimientos del modelo, y yo lo había visto sin seguirlos. Pero igual porque era fácil. Cuando es difícil, sí que ayuda. Hace falta dar una guía. Igual los que sabían del tema desde antes, no lo necesitan tanto, no sé. A mí me sí me ayudo.</i> ★ <i>Ya había tomado el curso de química, pero no lo pasé, así que ya conocía más o menos de las rédox, pero no le entendí..., se me hizo difícil... así que esta forma más que para iniciarme en la resolución me ha servido para reforzar lo que ya sabía y ver alguna cosa nueva para mí.</i> ★ <i>En algunos casos es mejor escribir las ecuaciones en el pizarrón que enseñarlas en el laboratorio. A veces tenemos problemas para representar la ecuación química, aunque la hayamos entendido, y sería de utilidad que veamos cómo lo haces tú (al menos en mi caso).</i> ★ <i>Estoy de acuerdo con la forma en que se ha utilizado el sistema del trabajo experimental, porque nos ayuda a relacionar mejor las reacciones con la realidad.</i>
<p>METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ <i>Yo no sabía nada al principio, pero he podido seguir el tema, la metodología que se ha seguido es buena.</i> ❖ <i>Creo que el ritmo que se ha seguido en la clase ha sido adecuado. En general, pienso que la clase ha estado muy bien organizada.</i> ❖ <i>El que nosotros resolvamos los problemas en el pizarrón me parece un sistema muy bueno. Por tanto, recomiendo que se siga con esta manera de dar la clase. Además, al mismo tiempo, se puede ver si estamos asimilando bien la clase.</i> ❖ <i>El profesor era consciente de que muchos estudiantes no sabían nada, y entonces, fue paso a paso.</i> ❖ <i>Otros profesores vienen, dan lo que dicen que tienen que dar, y se van. Y muchos de nosotros tendríamos que haberlo dejado de hacer eso. Al principio, hablando entre nosotros decíamos: esto no se puede aprender sin ir a una asesoría.</i> ❖ <i>Gracias a los controles, veía que iba mejorando. También con los ejercicios que se mandaban a casa.</i> ❖ <i>Hacer las actividades en cada clase, y la evaluación continua también ayuda mucho para llevar la asignatura al día.</i> ❖ <i>No me ha gustado mucho el sistema de evaluación.</i>
<p>SOBRE TU GRADO DE SATISFACCIÓN GLOBAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Creo que son necesarias más horas de clase para este tema y en toda la asignatura.</i> ➤ <i>Cuatro horas y media a la semana no es suficiente. Las cosas que se quieren enseñar en un solo semestre son demasiadas.</i> ➤ <i>Creo que la asignatura debería convertirse en anual. Hay poco tiempo.</i> ➤ <i>Yo creo que el tiempo que se dedica al balanceo químico es demasiado. Hay poco tiempo para verlo todo. El balanceo químico se puede memorizar más o menos, aunque no veas gran cosa, pero lo difícil en este tema es entender la reducción.</i> ➤ <i>Al principio me resultó muy desesperante. Yo nunca había visto este tema en la secundaria, y me daban ganas de llorar y todo. Al principio, sentía como frustración, o algo así. No entendía nada.</i> ➤ <i>Algunos empezaron a decir que dejarían la asignatura, y dejaron de venir a clase. Tuve la tentación de hacer lo mismo. Me empezó a gustar la asignatura cuando empezamos a realizar los experimentos, y deducir cual era la ecuación química. Al principio no era capaz, y ya cuando conseguí que me saliera uno, me animé.</i> ➤ <i>El mayor miedo lo tenía al principio. Yo partía de cero y me resultaba muy difícil. Veía una gran diferencia con respecto a los que ya habían visto el tema antes. Así que, al principio, sentí miedo, y luego, poco a poco, fui teniendo seguridad. Sobre todo, después de hacer la primera evaluación corta, que me salió bien, me sirvió para perder ese miedo y para seguir la asignatura más motivada. Quizás lo que más me sirvió para motivarme fueron las evaluaciones. Así puedes ver si vas bien o mal, si tienes que aprender más o no.</i>

Segunda parte

4.9 Modelos de oxidación y reducción

Para tratar de indagar sobre el modelo rédox que prefieren los estudiantes, se aplicó un cuestionario el cual tuvo como objetivo indagar respecto a la forma de interpretar el concepto de oxidación y reducción y posteriormente se abordó la parte procedimental mediante la identificación y el balanceo de una reacción de oxidación–reducción (rédox). Al final del cuestionario los estudiantes tuvieron la oportunidad de expresar con sus propias palabras sobre el uso de los dos métodos de balanceo químico.

4.9.1 Interpretación del concepto de oxidación y reducción (Pregunta 1)

En el cuestionario, esta es una de las consideraciones que debe proporcionar un panorama de cómo los estudiantes definen las reacciones de oxidación y reducción utilizando sus propias palabras. Los resultados muestran que un 65% describen la oxidación y reducción como la *liberación* y *absorción* de electrones, mientras que el 21% presentaron definiciones del concepto confusas y es decir, en forma opuesta, es decir, la oxidación como la *admisión* de electrones y la reducción como el *desprendimiento* de electrones (**Figura 19**).

Para definir la oxidación y reducción como un aumento o disminución del número de oxidación son pocos estudiantes quienes lo hacen desde este enfoque, sólo el 11%. Sin embargo, un estudiante confunde las definiciones y las plantea de manera contraria, es decir, define la oxidación como la disminución del número de oxidación y la reducción que aumento en el número de oxidación. Sólo el 7% de los estudiantes define la oxidación y reducción como una combinación de los dos por encima de las definiciones antes mencionadas. La oxidación y reducción pueden también definirse de otras maneras y 5% de los estudiantes deciden explicar la oxidación y reducción como la admisión y desprendimiento de oxígeno, que corresponde al modelo del oxígeno (ver capítulo 1).

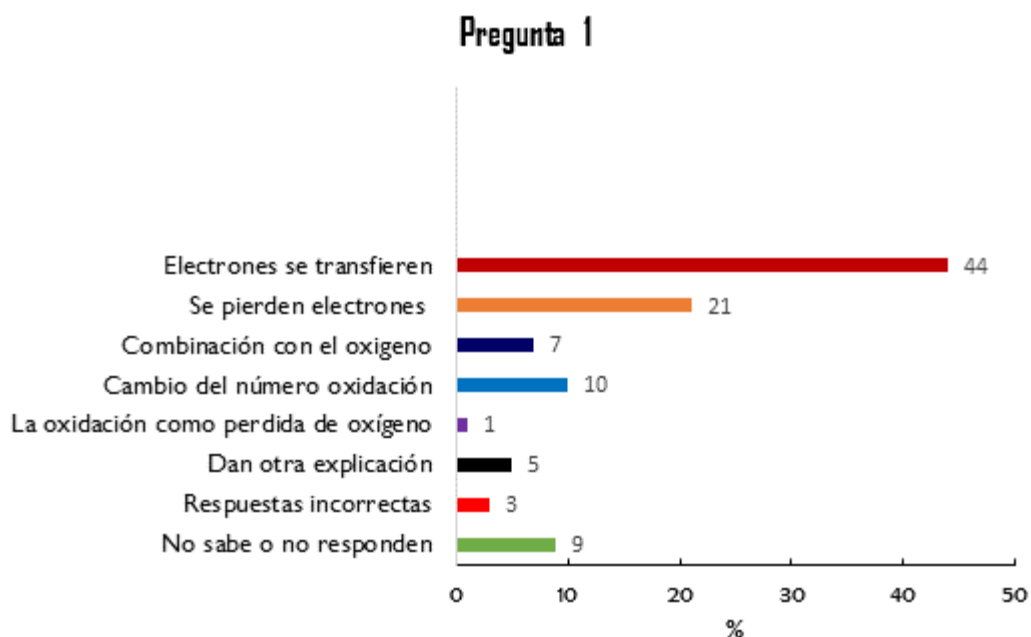


Figura 19. Porcentaje de distribución entre las diferentes categorías de respuesta para la P1.

Un estudiante describe a la oxidación y reducción como como la liberación y la absorción de hidrógeno. Un total de 12% de los estudiantes no dio ninguna respuesta o da una definición incorrecta de los conceptos de oxidación y reducción. Por ejemplo, un estudiante mencionó que *la oxidación es cuando una sustancia reacciona con agua para formar los iones hidróxido*. Otro estudiante escribió que *la oxidación es cuando una especie química captura un protón*.

4.9.2. ¿Cómo balancear reacciones rédox? (Pregunta 2)

La pregunta 2 del cuestionario fue para indagar cómo los estudiantes espontáneamente deciden balancear una ecuación química incompleta: $\text{Al}_{(s)} + \text{Cl}_2 \rightarrow (\text{Al}^{3+}) (\text{Cl}^-)_{3(s)}$ sin ser supervisados de alguna manera. $2 \text{Al}_{(s)} + 3 \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{AlCl}_3$ es la respuesta que ha sido considerada como correcta. Los resultados muestran que un total de 40% de los estudiantes elige el método del número de oxidación para balancear la ecuación de esta actividad. Sin embargo, sólo el 19% pueden dar una respuesta totalmente exacta con este método (**Figura 20**). Los estudiantes que se clasificaron en la categoría del número de oxidación, dan una respuesta equivocada ya que han considerado el número de oxidación + 2 para el producto. Por lo tanto, han tomado para el

aluminio tres cargas positivas menos la carga negativa, dando por resultado una carga restante total de + 2. Después de esto, no han logrado resolver la tarea.

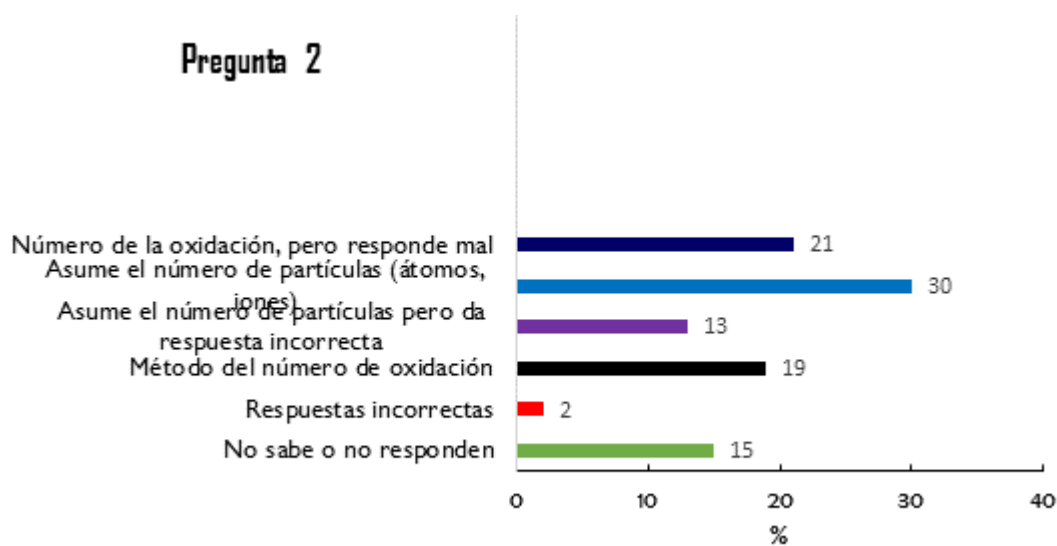


Figura 20. Distribución porcentual entre las diferentes categorías de respuestas para la P2.

Otro error en esta categoría es que los alumnos dividen el producto (Al^{3+}) (Cl^-)₃ en dos productos diferentes, que se traduce en una respuesta incorrecta. Un total de 43% de los estudiantes considero directamente el número de *partículas* en la reacción. Al parecer han comenzado a equilibrar el número de partículas de cloro y luego en comparación con el número de partículas de aluminio. Un tercio de los alumnos no llego a la respuesta correcta. La razón de esto es, que los estudiantes consideran diferentes a los iones Al^{3+} y Cl^- en el producto y no los “ven” como una sola sustancia (fórmula).

A continuación, se presenta un ejemplo de respuesta de un estudiante clasificado en la categoría de respuestas incorrectas:



4.9.3 ¿Qué modelo de oxidación y reducción prefieren los estudiantes? (pregunta 8)

La última pregunta en el cuestionario, consistía en que los estudiantes explicaran con sus propias palabras por qué preferían utilizar el modelo del número de oxidación o el modelo de transferencia de electrones. El número de alumnos que eligió cada método se muestra en la siguiente **Tabla 20**.

Tabla 20. Tabla de frecuencia de elección de los estudiantes del método en cuestión P8.

Categoría	número
Método del número de oxidación	45
Método de transferencia de electrones	4
Ambos métodos, el de oxidación como el de transición electrónica	1
No hay respuesta	10

De los alumnos que eligieron el método del número de oxidación fue de 52 de un total de 60 que respondieron preferían el método del número de oxidación frente al método de transferencia de electrones. Muchos de los estudiantes expresaron que lo habían elegido simplemente porque era el único que reconocían. Otra justificación común fue que era el método que habían utilizado más, por lo que la elección recayó en este método. Uno de los estudiantes que eligió el método de transferencia de electrones escribió: “... *pienso que el enfoque del proceso de transferencia de electrones es más tangible y por lo tanto más fácil de usar*”. Para una explicación más detallada, vea la sección 4.10.

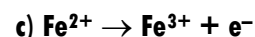
4.10 El modelo de transferencia de electrones

La segunda parte del cuestionario implica el modelo de transferencia de electrones. Las preguntas se centraron en este modelo y correspondía a dos diferentes tipos de actividades. En primer lugar, los estudiantes representarían los electrones de las medias reacciones, también se les pidió balancear las dos reacciones rédox por el método de transferencia de electrones (ion electrón).

4.10.1 Representación electrónica (Pregunta 3)

Esta pregunta está diseñada para analizar si los estudiantes sabían la diferencia entre oxidación y reducción por lo que tenían que indicar o escribir el número de electrones en el lado derecho de la flecha de reacción en tres semirreacciones diferentes. Esto alude en cierta medida, a si saben que la oxidación y la reducción se definen como la pérdida y la ganancia de electrones.

Las siguientes son las respuestas a la categoría correspondiente a la *actividad de estructura de Lewis*:

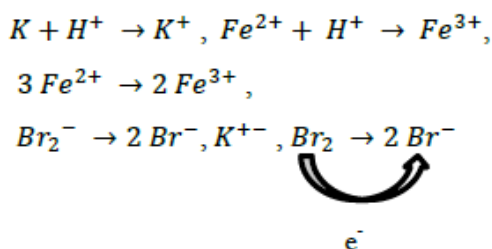


La respuesta de los estudiantes se ubicó en la categoría de *difícil de reconocer si los iones positivos se podían representar en ambos lados*, entre otras cosas, se representan los electrones en el lado equivocado de la media reacción: $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$. En esta categoría también se registraron respuesta de estudiantes donde los electrones se han escrito en ambos lados. El 9% de los alumnos escribió que *no sabían o no contestaron* a esta pregunta.

Un 4% escribió todos los electrones en el lado equivocado y no pasó ninguna de las sub-tareas. Un estudiante escribe: “*los e^- (electrones) se deben añadir con los electrones*” y esta tuvo que ser una categoría separada. La segunda sub-tarea correspondió a una reducción del Br_2 a $2Br^-$. El 18% de los estudiantes escribieron la respuesta que podría ser reducción, codificada en la categoría de *difícil*. El siguiente es un ejemplo de una respuesta de alumno de esta categoría:



Sin embargo, las respuestas dadas por los estudiantes suelen estar en esta categoría porque consideraron que se habían perdido dos electrones y no uno. La escritura de los *electrones en el lado equivocado* representa la respuesta con mayor porcentaje debido a que los estudiantes han escrito los electrones en el lado equivocado en todas las sub-tareas (**Figura 21**). Ejemplos de respuestas que se cuentan en la categoría de *respuestas incorrectas* por parte de los estudiantes, son las siguientes:



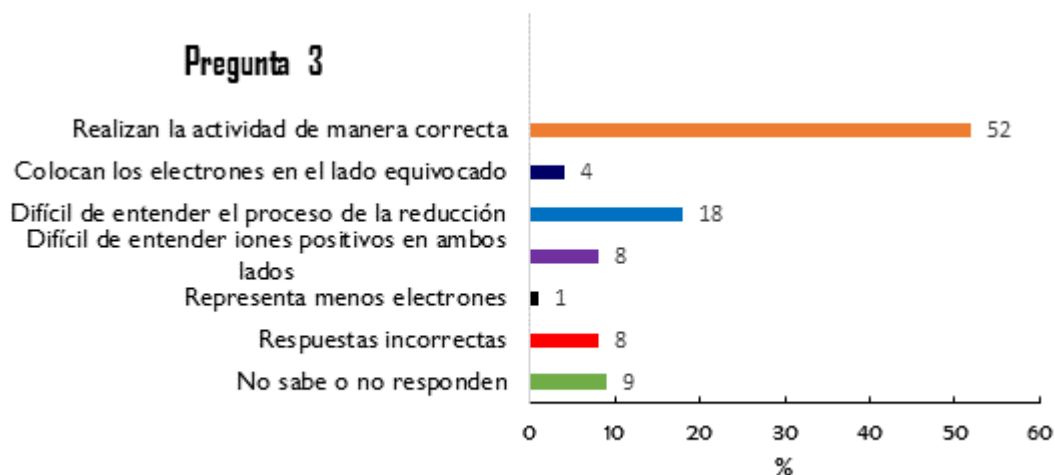


Figura 21. Distribución porcentual de las diversas categorías de respuesta a la P3.

4.10.2 Las semirreacciones (Pregunta 4)

Sobre este apartado, hubo dos subtareas, A y B. Los resultados se muestran con una ecuación química para cada tarea. El propósito de esta pregunta es averiguar si hay dificultades relacionadas con el método de transferencia de electrones. Las reacciones de oxidación–reducción que tienen lugar en disolución acuosa son difíciles de igualar por procedimientos de tanteo o por métodos de coeficientes matemáticos. Uno de los métodos más utilizados para realizar el ajuste de estas ecuaciones es el *método del ion–electrón*, propuesto por Jette y la Mer en 1927.

PARTE A

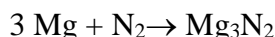
A pesar de que los estudiantes tenían que usar el método de transferencia de electrones para balancear la reacción global solamente un 12% de los estudiantes lo hizo, hubo quienes utilizaron el método del número de oxidación en el balanceo (**Figura 22**). Todos los que utilizaron el método del número de oxidación obtuvieron la respuesta correcta. Un 28% de los estudiantes *no respondió* en absoluto o escribió *no sé*. Aproximadamente dos de cada cinco estudiantes pasaron la tarea correctamente mediante la escritura de las dos semirreacciones: $\text{Cd} \rightarrow \text{Cd}^{2+} + 2\text{e}^-$ y $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$ y luego balancear la reacción global: $\text{Cd} + 2 \text{Ag}^+ \rightarrow \text{Cd}^{2+} + 2\text{Ag}$.



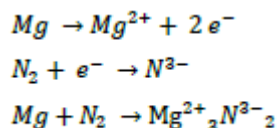
Figura 22. Distribución porcentual de las categorías de respuesta en la P4 (A).

PARTE B

Para esta actividad se identificaron estudiantes con más dificultades y con respuestas erróneas lo cual fue codificado en la categoría de *no sabe o no contesta* con un 38%. Los estudiantes que superaron la actividad escribieron: $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^-$ y $\text{N}_2 + 6\text{e}^- \rightarrow 2\text{N}^{3-}$ y entonces la reacción global a:



Al igual que en la **subtarea A** los estudiantes utilizaron el método del número de oxidación incluso en esta subtarea B, aunque se les indicó que utilizaran el método de transferencia de electrones. Un 14% del total de estudiantes utilizó el método del número de oxidación en la tarea, sin embargo, no todos los estudiantes obtuvieron una respuesta correcta. Una quinta parte de los estudiantes lograron resolver la tarea utilizando el método de transferencia de electrones, mientras que el 15% de las respuestas de los estudiantes se ubicó en la categoría de *respuestas incorrectas*. Un ejemplo de esta última categoría es:



Al parecer, los estudiantes escriben las medias reacciones de manera correcta pero no logran realizar el balanceo correctamente para la reacción global.

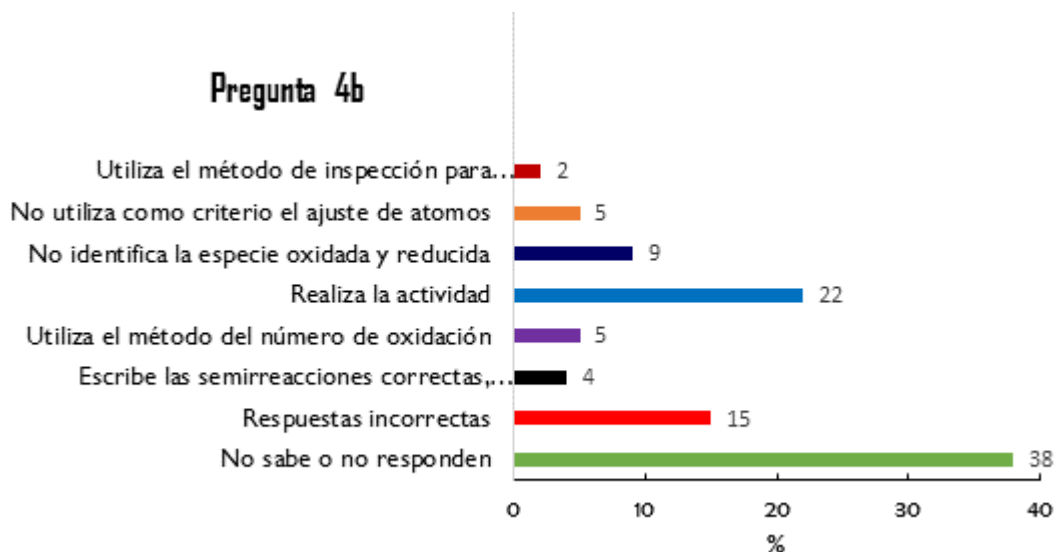
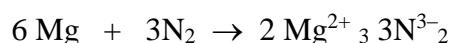


Figura 23. Distribución porcentual de las diferentes categorías de respuesta a la P4 (b).

La estructura de la tarea es el 7% de los estudiantes que sólo por inspección del número de átomos de magnesio y nitrógeno y consideran que se encontraba en equilibrio. Las respuestas de los estudiantes se clasificaron en la categoría de *número de partículas (átomos)*, como *respuesta incorrecta* o respuesta sin *explicaciones*.

Un ejemplo de esta última categoría:



4.11 Modelo del número de oxidación

La tercera parte del cuestionario es con relación al número de oxidación y al balanceo por este método. Las dos primeras preguntas en este apartado se basan en las dificultades planteadas en los estudios anteriores como se menciona en el capítulo 1. Considerando que la pérdida/ganancia de electrones en los procesos redox está relacionada con cambios en el llamado número o estado de oxidación de un elemento en la especie química que se reduce/oxida, en los términos siguiente: la pérdida de electrones en la oxidación implica un aumento del número de oxidación de un elemento en la especie química que se oxida., mientras que la ganancia de electrones en la reducción implica una disminución del número de oxidación de un elemento en

la especie química que se reduce. Para ello es interesante conocer como ha variado el número de oxidación.

El número de oxidación está relacionado con la valencia del átomo en los compuestos. En el caso de compuestos iónicos es la carga de cada átomo, en el caso de enlaces covalentes polares habría que suponer que la pareja de electrones compartidos está totalmente desplazados hacia el elemento más electronegativo.

4.11.1 El número de oxidación (Pregunta 5)

En esta pregunta, los estudiantes tenían que determinar el número de oxidación de todos los átomos de cinco especies químicas diferentes. La pregunta incluía átomos de elementos y moléculas, compuestos iónicos y covalentes. El 5% de los estudiantes no contestó a este ejercicio, mientras que el 44% de los estudiantes dio una respuesta correcta a todas las subtarefas. A continuación, se presentan algunas de las respuestas de los alumnos:

Número de oxidación		
MnO ₂	Mn = +4	O = -2
O ₂	0 molécula	
C	0 elemento	
NH ₄ ⁺	N = +3	H = +1
SO ₄ ²⁻	S = +6	O = -2

Para poder calcular el número de oxidación de un elemento en una determinada molécula se utilizan unas reglas enunciadas por Pauling, (el número de oxidación de cualquier átomo de un elemento químico en estado natural (atómico o molecular) es cero. Por lo general, la confusión más común de los estudiantes es no considerar el oxígeno como molécula (O₂) y asignarle un valor de oxidación de -2.

Solamente un estudiante indico el estado de oxidación de un ion monoatómico igual a su carga correspondiente. Otra confusión general, fue la de indicar un número de oxidación en un ion poliatómico considerando que la suma algebraica de los números de oxidación de todos los átomos que forman debe ser cero, un 10 % de las respuestas de los estudiantes fueron categorizadas como dependiendo de la *carga del ion*, el número de oxidación de todos los átomos

se asigna de tal forma que la suma algebraica es igual a la carga del ion, si se trata de un ion poliatómico.

Esto significa que, por ejemplo sabiendo que la fórmula del ion amonio es NH_4^+ y el número de oxidación del hidrógeno es +1 (de acuerdo al modelo del número de oxidación n.o) podemos calcular el número de oxidación del nitrógeno (x) haciendo la siguiente suma algebraica: $x + 4(+1) = +1$; $x = -3$. Sin embargo, los estudiantes consideran que la carga positiva del hidrógeno, en la suma debe ser de 5 y para igualar la suma de las cargas de la especie química asignan un número de oxidación de -5 al nitrógeno, con la finalidad de que la suma fuera 0.

Además, otros estudiantes atendiendo a la regla de n.o asignan un valor positivo de +1 para el hidrógeno, pero esto con lleva a que consideren un valor de -1 como número de oxidación para el nitrógeno. La interpretación de las respuestas incorrectas en esta actividad, incluye además errores conceptuales como la asignación de +2 para el oxígeno y de -1 para el hidrógeno

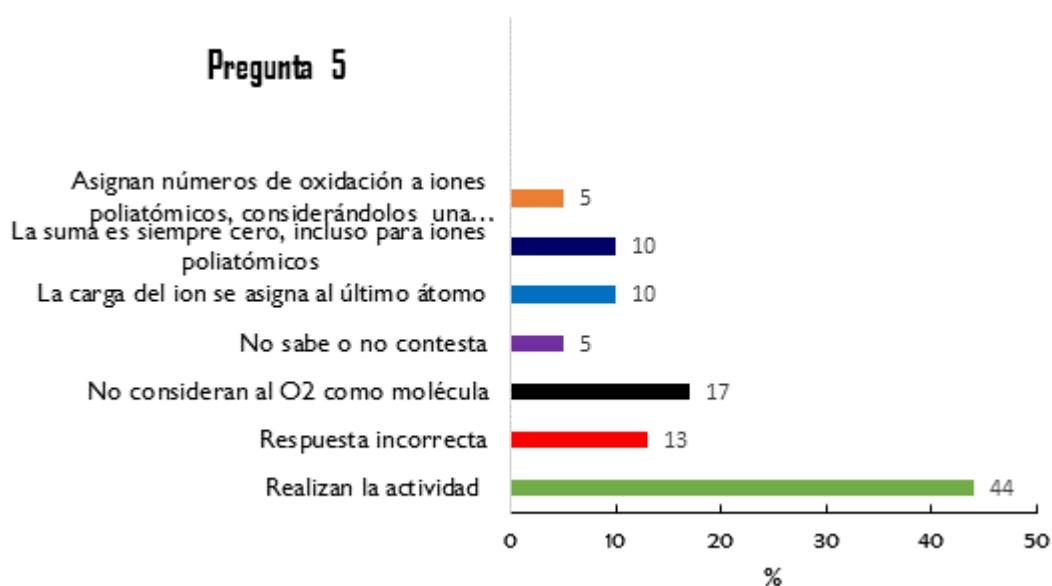


Figura 24. Distribución porcentual de las diferentes categorías de respuesta a la P5.

4.11.2 ¿Qué valores tiene el número de oxidación?

El propósito de esta pregunta era averiguar si los estudiantes consideran el número de oxidación como un valor fijo o arbitrario. La pregunta se refería a la determinación de los numero

de oxidación del nitrógeno y si este sería el mismo para los compuestos NO, NO₂ y N₂O. Los estudiantes tenían que responder SÍ o NO y luego justificar sus respuestas.

El 4% de los estudiantes escribió que habían *adivinado la respuesta* y, por tanto, tenía su propia categoría. Sólo el 2% de los estudiantes respondió *no saber* o dejó la pregunta en blanco. El 5% de los estudiantes que marcaron la casilla para **SI**, correspondió a una respuesta equivocada, pero no escribieron ninguna justificación.

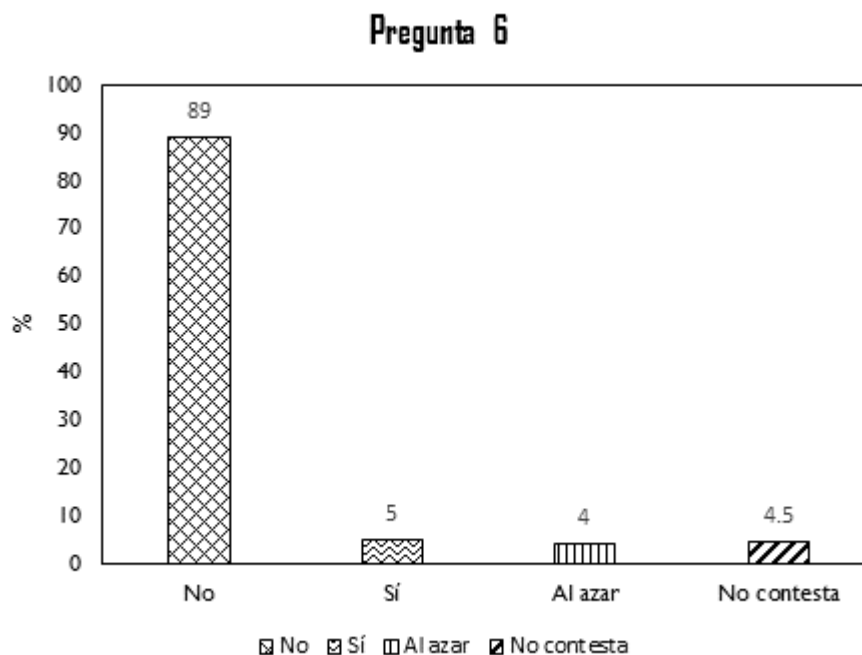


Figura 25. Distribución porcentual de las diferentes categorías de respuesta a la P6.

Los estudiantes de este modo también justifican sus respuestas. Puede ser que un mismo estudiante pueda contar con más de una justificación. Las frecuencias de las diferentes justificaciones se muestran en la siguiente **Tabla 21**:

Tabla 21. Tabla de frecuencias de las explicaciones a la pregunta 6.

Justificación	numero
Establece el número de oxidación correcto	45
Aplicación de las reglas de número de oxidación, valor de -2 para el oxígeno y por diferencia se obtiene el valor del n.o del nitrógeno	39
Depende del número de átomos de oxígeno en la sustancia	19

4.11.3 Balanceo de ecuaciones químicas– método del número de oxidación

Se propone identificar si el estudiante maneja los conceptos propios de las reacciones de oxidación y reducción para el balanceo de ecuaciones químicas como lo es el de agente oxidante.

Esta actividad ha recibido un gran número de respuestas, la mayoría de las respuestas incorrectas se debe a errores en la asignación de estados de oxidación de las especies dadas en la ecuación química, lo que conduce a cálculos erróneos del número de electrones intercambiados y en consecuencia resultados incorrectos al momento de realizar el balanceo de la ecuación química. Un 28% de los estudiantes no contestaron a la pregunta o dio una respuesta que no era interpretable. Tienen serias dificultades cuando abordan el balanceo de reacciones rédox donde intervienen compuestos orgánicos.

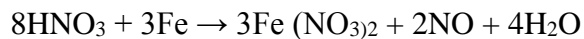
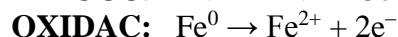
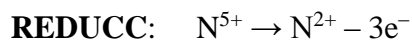
A continuación, las categorías de respuesta fueron dados nombres largos en esta tarea, usted puede leer las diferentes categorías en la siguiente tabla. En la **Tabla 22** se han clasificado las categorías de respuesta con nombres acortados.

Tabla 22. Categorías de respuesta para la P7.

Categoría
Realizan la actividad
No saben o no responden
Asignan números de oxidación a iones poliatómicos, considerando como una sustancia neutra
No se ha apropiado el concepto de agente oxidante/reductor
Error en el balanceo de las cargas
Presentan dificultades para asimilar el concepto de número de oxidación
No tiene clara la definición del concepto de número o estado de oxidación
Presenta dificultades para asignar el número de oxidación correcto a cada elemento
En todo proceso rédox, el número de electrones transferidos es igual al número de electrones perdidos en la oxidación

Al igual, cinco estudiantes que también asignan números de oxidación a iones poliatómicos, considerándolos como sustancias neutras. También hay respuestas donde el número de oxidación para átomos de compuestos iónicos, por lo que la interpretación dada se convierte en la suma algebraica igual a cero, incluso para iones poliatómicos. La carga del ion, se asigna en el último paso de asignar los números de oxidación de cada átomo, también se considera una mala interpretación que también aparece en esta actividad. Por ejemplo, los estudiantes han determinado un estado de oxidación de +1 para el nitrógeno en el ion nitrato (NO_3^-).

Algunos de los estudiantes realizó el balanceo de oxidación y reducción para la reacción del hierro y del ácido nítrico (*Reacción con clavos de hierro*), pero luego olvidan, que también tienen que equilibrar las cargas por medio de la adición de iones de hidrógeno y agua. La dificultad más común de la actividad fue balancear las cargas. El 7% de las respuestas de los estudiantes fueron codificadas como error al balancear las cargas. Los estudiantes, por ejemplo, olvidaron el signo menos para el ion nitrato y adicionaron menos iones de hidrógeno de los que se requerían. Sin embargo, el 50% de los alumnos resolvieron la actividad en forma adecuada. Los estudiantes que fueron realizaron esta actividad escribieron lo siguiente en sus respuestas. Sin embargo, ya se ha explicado en etapas anteriores que en las reacciones con ácido nítrico, se producen reacciones secundarias y terciarias, dando lugar a otros gases, aunque la dominante si el ácido está muy concentrado es la mencionada. El segundo gas desprendido es el óxido de nitrógeno (II), según reacción ya explicada.



Aunque el 4% de los estudiantes ha establecido la correcta oxidación de todos los átomos en la reacción anterior, sin embargo, en general consideran que el NO_3^- es una especie iónica en equilibrio. Por lo tanto, asignan un número de oxidación para el ion nitrato de -1 y establecen la formación del ion nitrato en óxido nítrico. Durante el balanceo de las ecuaciones se emplean los iones y moléculas que cambian durante el proceso, es decir, aquellas especies químicas en las cuales el elemento principal (el elemento central de las especies poliatómicas) aumenta o disminuye su número de oxidación. En los iones poliatómicos se hace hincapié sobre el átomo central, porque es el que experimenta el cambio en el número de oxidación durante el proceso de óxido reducción.

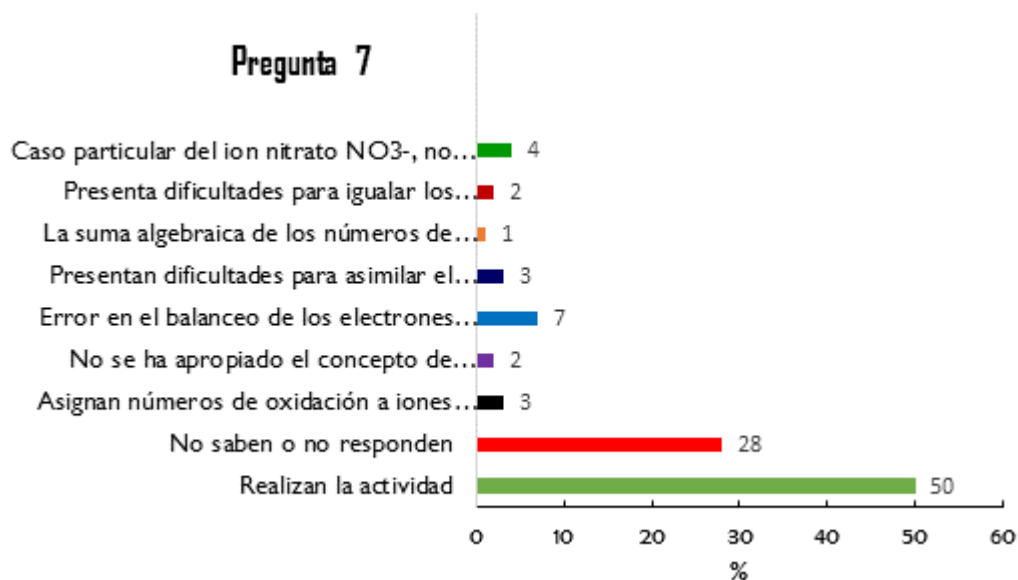
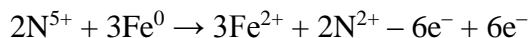
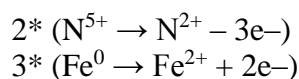


Figura 26. Tabla de frecuencias de las explicaciones a la P7.

En la actividad de balanceo, el estudiante indica el número de oxidación del nitrógeno de +5 a +2, el nitrógeno se reduce, ya que gana tres electrones. El número de oxidación del hierro de cambió de 0 a +2, por lo tanto, el hierro pierde dos electrones. Para balancear correctamente la ecuación, escribe los coeficientes por los que obtiene el mismo número de electrones, es decir, estos dos valores obtenidos, serán los primeros dos coeficientes, pero cruzados. Los estudiantes en la categoría en cuanto al número de oxidación y al de transferencia de electrones se debe escribir un coeficiente de tres antes de NO₃⁻ y del NO debido al número de oxidación cambiado por el coeficiente. Sin embargo al verificar el balanceo de la ecuación molecular la consideraron errónea.



Se termina por tanteo

4.12 Resumen del análisis y discusión de los resultados

A pesar de la enseñanza de ambos métodos de oxidación y reducción, el de ion electrón y el de número de oxidación, un 65% de los estudiantes eligió de manera espontánea el modelo del

número de oxidación para definir el concepto moderno de oxidación y reducción como la pérdida y la ganancia de electrones sin mencionar el aumento o disminución el número de oxidación. Sólo alrededor de una décima parte de los estudiantes definió los conceptos de oxidación y reducción en términos del modelo de transferencia de electrones.

Cuando se trató de balancear una ecuación química, las dos quintas partes de los estudiantes utilizaron de forma espontánea el método del número de oxidación, pero sólo la mitad de los estudiantes respondieron correctamente la actividad. Ninguno de los estudiantes utilizó el método de transferencia de electrones (ion electrón), se presentan dificultades en cuanto a la identificación del agente oxidante y reductor, lo cual tiene un efecto sobre el balanceo de la reacción en consecuencia. Un estudiante responde a la última pregunta del cuestionario de la siguiente manera; el método del ion–electrón es, en general, un poco más largo, pero más difícil, que el del número de oxidación, sin embargo, por ser más sistemático, es menos probable que conduzca al error. Además de este método es más práctico cuando se trata de balancear ecuaciones iónicas, que el método de número de oxidación y se evita estar determinando los números de oxidación de cada elemento.

En la última actividad se les pide a los estudiantes seleccionar y justificar el método de su preferencia, un 95% señalaron que prefieren el modelo del número de oxidación para la explicación de los procesos de oxidación y reducción.

La mitad de los estudiantes saben cómo se transfieren los electrones, que se debe a una pérdida o ganancia y conduce a un proceso de oxidación y reducción. Para los estudiantes que tienen dificultades con esta situación conceptual, las reacciones de reducción les resultan más difíciles. Una décima parte de los estudiantes son capaces de señalar el número correcto de electrones cuando los iones positivos a ambos lados de la reacción. El balanceo químico mediante el método de transferencia de electrones, aproximadamente la mitad de los estudiantes no realiza la actividad de manera correcta; y una décima parte de alumnos realiza el ajuste de la ecuación mediante el método de oxidación a pesar de que la instrucción señalaba realizar el balanceo por el método de la transferencia. Un alumno expresa que prefiere hacer uso del método de oxidación, pero, *sin embargo, creo que todas las reacciones se trabajan igual de bien, pero es una cuestión de hábito*. La mayoría de los estudiantes que plantean las medias reacciones también logran balancear la reacción global en forma apropiada. Un estudiante escribe lo siguiente sobre el método de transferencia de electrones; *"Es más fácil pensar cómo los electrones migran. No*

utilice el método del número de oxidación, pero prefiero el de las medias reacciones... no se ve tan difícil de resolver”.

Casi todos los estudiantes (89%) tienen conocimiento de que el estado de oxidación de un átomo puede variar dependiendo de la estructura electrónica de los átomos del elemento. La confusión más común, en términos de opiniones de los estudiantes sobre el número de oxidación es que no consideran a la molécula de O_2 como un elemento sino como átomo, asignándole un valor de -2 . Para asignar el número de oxidación de un ion poliatómico a menudo se presentan dificultades para asignar el número de oxidación de los átomos porque consideran las reglas para compuestos iónicos la suma de ellos se convierte en cero.

Al realizar el balanceo mediante el método de oxidación la principal dificultad que presentan los estudiantes es respecto a la identificación del agente oxidante y reductor. En general, las malas interpretaciones y dificultades que con más frecuencia se presentan alrededor de las reglas de número de oxidación en especies iónicas. El 50 % de los estudiantes logran realizar el balanceo de reacciones redox sin problemas. Un estudiante justifica su uso del método como sigue; *"Porque me gustan las matemáticas y esto de identificar los números de oxidación... es fácil"*. Otro alumno comenta: *"es un procedimiento fácil de seguir"*.

En la última pregunta del cuestionario, un estudiante indicó las razones de su elección del método para el balanceo de reacciones redox; el estudiante comentó que *"este método de balanceo por el de número de oxidación...es de cuestión matemática y de lógica, y es el método más fácil para reacciones de redox, mientras que el método de transferencia de electrones (o del ion electrón) es más confuso por las cuestiones de los iones... aunque es mejor usarlo para tener una comprensión de lo que sucede químicamente en una oxidación y una reducción. Por lo tanto, según el estudiante, es útil comenzar con este método y después trabajar con el método de número de oxidación.*

En la vida cotidiana, se habla de la reducción como una disminución, hacer algo más pequeño, lo cual confunde a los estudiantes cuando se aborda el tema de las reacciones de oxidación reducción, ya que, de acuerdo al modelo del número de oxidación, la reducción se define como la ganancia de electrones y su disminución del número de oxidación de acuerdo a

Ringnes y Hannisdal (2006). Supongo que es una concepción alternativa, la cual relaciona el significado cotidiano de la palabra, razón por la que una quinta parte de los estudiantes han escrito lo contrario, a saber, la oxidación como la admisión de electrones y la reducción de la pérdida de electrones. Aunque los estudiantes en este estudio claramente prefieren el método del número de oxidación para el balanceo químico, es el método de transferencia de electrones que predomina cuando los estudiantes explican los conceptos de oxidación y reducción. En total, el 65% de los estudiantes han decidido definir estos conceptos sobre la base de la pérdida y ganancia de electrones. Tal vez esto se deba a que los estudiantes aprendieron por primera vez esta definición cuando comenzaron a estudiar este tipo de reacciones redox en el nivel de enseñanza media básica, y es esta definición la que prevalece.

Para cada una de las actividades del cuestionario, pocas respuestas de los estudiantes se clasificaron en la categoría; *no sé o no responde*. Algunos estudiantes, sin embargo, dejan en blanco, creo que, simplemente porque no saben cómo hacerlo. No han entendido el concepto de oxidación y reducción y por lo tanto no saben que escribir.

De Jong y Treagust (2002) sugirieron que los estudiantes interpretan la oxidación y reducción como reacciones independientes; presentan problemas con el significado y la asignación de números de oxidación y la identificación de los reactivos como agentes oxidante o reductor. Al parecer todos los estudiantes entienden que la oxidación y reducción son reacciones mutuas de acuerdo con el modelo científico. El extracto siguiente de un estudiante, ilustrando el concepto común del grupo de transferencia de electrones. También ilustra la mayor parte de la concepción de los estudiantes de la simultaneidad de las reacciones redox.

La mayoría de los estudiantes tenían la idea de que una reacción redox corresponde a la oxidación y reducción mutua. Esto no es apoyado por fuentes en la revisión de la investigación por de Jong y Treagust (2002) donde los resultados indican que los estudiantes perciben las reacciones de oxidación y reducción que ocurren independientemente. También en el estudio divulgado aquí, un estudiante declaró que la oxidación y reducción ocurren como reacciones independientes. Es difícil extraer conclusiones de una sola sentencia, pero da una indicación de que el concepto de oxidación y reducción como reacciones comunes no aparece todavía.

Otra explicación podría ser lo que ha sido descrito por de Jong y Taber (2007) donde refiere que los estudiantes tienden a interpretar las fórmulas químicas de una manera aditiva. Por ejemplo, H_2O es visto como H_2 y O . Puesto que sólo algunos de los estudiantes tenían el concepto de oxígeno molecular como aceptor de electrones, puede ser relevante pensar que el átomo de oxígeno en la molécula de agua es quien ganó los electrones.

Los estudiantes prefieren utilizar el método de oxidación simplemente porque es el método que han utilizado más, algunos estudiantes escribieron que ni siquiera recuerdan haber estudiado el método de transferencia de electrones. Österlund (2010) en su estudio reporta un resultado diferente, la mayoría de los estudiantes identificaron y balancean las reacciones rédox basadas en el método de transferencia de electrones, que no corresponde con los resultados de esta investigación. Creo que puede ser debido a la diferencia entre los métodos seleccionados. Mi hipótesis es que los estudiantes explican las reacciones basadas en el modelo de transferencia de electrones debido a que no reciben las fórmulas de reacción de manera simbólica (representación simbólica). Cuando llegaron a ver las fórmulas de reacción, creo que los alumnos encuentran más fácil hablar acerca de las reacciones rédox basados en el método de transferencia de electrones que hablar de la forma en la oxidación de varios átomos de aumentar o disminuir el estado de oxidación.

En esta investigación se consideraron los distintos niveles de representación (Johnston, 1998), a los estudiantes se les facilitó las fórmulas de la reacción en lápiz y papel para que las pudieran ver claramente. También fueron orientados para utilizar el método de transferencia de electrones y el método del número de oxidación en cada actividad, mientras que, en la propuesta de Österlund, se consideró una estrategia de enseñanza en la que los estudiantes podían hablar libremente de los experimentos.

Conclusiones

CONCLUSIONES

La detección de la existencia de concepciones alternativas persistentes tanto en el alumnado como incluso en porcentajes elevados de profesorado que ha puesto de relieve la psicología cognitiva y la investigación en los últimos 20 años ha permitido cuestionar los fundamentos teóricos en los que se basa el proceso de enseñanza–aprendizaje por transmisión verbal que se aplica convencionalmente al enseñar conceptos científicos. Al mismo tiempo, esta crítica fundamentada ha dado lugar a una nueva orientación emergente sobre el aprendizaje de las ciencias conocida como constructivista. Esta nueva concepción teórica ha originado la aparición de modelos de enseñanza que, al concretarse en acciones de aula, están logrando una mayor eficacia del aprendizaje. Los primeros modelos que han surgido tuvieron como objetivo esencial el cambio conceptual.

De acuerdo con lo anterior, las principales dificultades que presentan los estudiantes en el proceso enseñanza–aprendizaje del concepto moderno de oxidación y reducción se dan debido a que la Química presenta modelos o niveles de representación desconocidos para el estudiante, haciendo que este pierda el interés y no pueda apropiarse los conceptos. Además, para lograr el objetivo de enseñanza de este concepto, que es dar a conocer a los estudiantes conceptos básicos enseñándoles la forma de aplicarlos y su descripción en el balanceo de ecuaciones químicas, es necesario tener bases fuertes en conceptos como: reconocimiento de símbolos, estados de oxidación, ley de conservación de la materia, entre otros.

Por contraste, existe una muy buena asertividad tanto en la prueba inicial como en la final, acerca de lo que tiene que ver con: afirmaciones válidas sobre los métodos de balanceo de reacciones redox, y la representación iónica de las sustancias. Estadísticamente se evidenció un progreso de aprendizaje en los estudiantes, especialmente de la pregunta 4 a la 5 en donde aumenta la asertividad, pero vuelve y disminuye de la 5 a la 7, luego vuelve y aumenta desde la pregunta 5 a la 8. Al parecer los estudiantes son muy fluctuantes en sus respuestas, sin embargo, el análisis del desarrollo de la propuesta para la enseñanza–aprendizaje del concepto moderno de

oxidación y reducción implementando un programa de actividades bajo el enfoque de investigación orientada, evidencia que el 55% de los estudiantes presentan un cambio positivo en el aprendizaje del concepto.

En la aplicación de la propuesta para la enseñanza–aprendizaje del concepto moderno de oxidación y reducción, implementando un programa guía de actividades, así como la resolución de problemas, se observa que el uso de estos ayuda a que los estudiantes desarrollen conceptos necesarios para el aprendizaje de la temática, especialmente el reconocimiento y función del número de oxidación, identificación de las especies que actúan como oxidantes y reductoras para representar una reacción química con un 77% de los estudiantes que se apropian y aplican el concepto.

Durante la utilización del trabajo de laboratorio, se observa el aumento del interés del estudiante por aprender, lo que lo lleva a ser más activo y cuestionarse sobre el tema en desarrollo. La inclusión de actividades como resolución de problemas en el proceso enseñanza–aprendizaje es una alternativa que el docente debe utilizar para salir de la metodología tradicional y lograr un cambio en el modo de aprendizaje en los estudiantes, fortaleciendo el uso de la información y la tecnología.

Al iniciar el estudio se encontró que el uso de representaciones macroscópicas es característico en las explicaciones que los estudiantes elaboran sobre el concepto de oxidación y dichas representaciones dan idea sobre aspectos relacionados con aquellas características que son observables de un fenómeno; para el caso de las reacciones químicas, estas ideas están asociadas a la idea de la mezcla de sustancias e interacción de sustancias, las cuales dan origen a sustancias nuevas, a cambios de color, formación de burbujas, producción de gases.

La estrategia didáctica construida a partir de las ideas previas de los estudiantes, condujo al diseño y desarrollo de actividades que propiciaban el uso de múltiples representaciones semióticas como una alternativa para ayudar en la construcción del concepto científico del concepto de oxidación. En el desarrollo de estas actividades, se nota el uso de representaciones que tienen en cuenta el nivel microscópico, como las estructuras de Lewis, que hacen posible pensar en aspectos relacionados con la formación y ruptura de enlaces, por lo tanto la

modelización de estas fórmulas permite incorporar ideas sobre el rompimiento y reorganización de los átomos, lo cual contribuye a comprender lo que se expresa en una ecuación química cuando se utilizan fórmulas y símbolos para representar una reacción química.

A medida que se desarrollan ciertas actividades de la estrategia didáctica donde se les proporciona otro tipo de representaciones que consideran aspectos relacionados con otros niveles, los estudiantes van involucrando términos y representaciones utilizando símbolos químicos, ecuaciones, dibujos (para representar enlaces, átomos, moléculas) que les facilitan explicar sus ideas de otra manera, teniendo en cuenta otros niveles (microscópico y simbólico) y comunicarse con un lenguaje más cercano al lenguaje científico.

Como se mencionó anteriormente, las ideas previas de los estudiantes sobre el concepto de oxidación y reducción, se encuentran representadas en su mayoría en el nivel macroscópico; posterior a la intervención, se representa el concepto desde los tres niveles representacionales. En la mayoría de los casos siguen planteando explicaciones en función de las características macroscópicas observadas, por lo tanto, es conveniente hacer uso de otro tipo de representaciones que les permita incorporar ideas relacionadas con el carácter corpuscular de la materia.

Cuando el estudiante asocia las representaciones macroscópicas y simbólicas interpreta en cierta medida lo relacionado a la estequiometría, las representaciones en el nivel microscópico ayudan al estudiante a mejorar su concepto ya que, en ellas, él puede tener en cuenta aspectos relacionados con la organización molecular e iónica de los compuestos y puede dar cuenta de cómo se organiza la estructura o cómo ésta puede cambiar de acuerdo a lo requerido en una reacción, en este nivel puede representar a los átomos y asociarlos a otros niveles para comprender la reacción más allá de la combinación de sustancias para obtener otra.

Podemos mencionar que el uso de representaciones ayuda al estudiante en la comprensión del concepto, éstas lo van orientando para que mejore sus ideas previas y lo conducen a fortalecer el concepto de una manera analítica y comprensiva, sirven de puente entre el nivel macro y micro para poder relacionar estas ideas.

RECOMENDACIONES

- ✍ Cuando un estudiante construye una representación en el nivel microscópico, no garantiza que comprende la materia desde lo corpuscular, es conveniente plantearle preguntas desde este nivel para que dé cuenta de dichas representaciones con explicaciones verbales o escritas y proponerle que construya otras en el mismo o diferente nivel.
- ✍ Cuando el estudiante escribe una ecuación utilizando símbolos o fórmulas y se le indica que lo haga teniendo en cuenta el nivel microscópico, ellos las construyen sin tener en cuenta aspectos fundamentales como regla del octeto, tipo de enlace en la molécula, estructura molecular, por ello se recomienda el trabajo teniendo en cuenta las estructuras de Lewis, utilizando bolas y palos en las cuales se consideran aspectos fundamentales del concepto de las reacciones químicas, en particular de la oxidación y reducción antes no considerados por ellos y le facilitan la construcción en el nivel microscópico.
- ✍ Es conveniente que la representación del rompimiento de enlaces se realice de manera simbólica mostrando los átomos separados, indicando los electrones de valencia para cada átomo y la posibilidad de enlace, también es importante indicar cómo se reordenan y por qué, para obtener el producto; esto contribuye a facilitar la comprensión de lo que sucede internamente durante la reacción química a nivel microscópico. Se recomienda que esta representación también se haga de manera tridimensional para facilitar la apropiación de estos conceptos y la comprensión del reordenamiento de los átomos a nivel microscópico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Recordemos que este apartado consiste en una relación alfabética numerada de todas las referencias bibliográficas incluidas en la tesis,

- Abraham, M. R., Grzybowski, E. B., Renner, J. W., & Marek, E. A. (1992). Understandings and Misunderstandings of Eighth Graders of Five Chemistry Concepts Found in Textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, **29** (2): 105–120
- Allsop, R. T., and George, N. H. (1982). Rédox in Nuffield advanced chemistry. *Education in Chemistry*, *19*, 57–59.
- Alvarado, C. (2012). *Secuencia de enseñanza–aprendizaje sobre acidez y basicidad, a partir del conocimiento didáctico del contenido de profesores de bachillerato con experiencia docente*. Tesis de Doctorado Oficial en Investigación en la Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias Experimentales, Sociales y de las Matemáticas, Universidad de Extremadura, Badajoz, España.
- Asimov, Isaac. *Breve Historia de la Química. Química Ciencia y Técnica*. Alianza Editorial. 2006. Pp. 1–98.
- Ausubel, D.P., Novak, J. D. y Hanesian, H. (1996). *Psicología Educativa, Un punto de vista cognoscitivo*. México, Trillas.
- Bachelard, G. (1989). *Epistemología*, Editorial Anagrama, Barcelona
- Baldión PA, Arcos LC, Mora MA. Efecto de los fluoruros sobre la composición química del esmalte dental posblanqueamiento. *Univ Odontol*. 2011 Jul–Dic; **30**(65): 41–49
- Barberá, O. y Valdés, P. (1996) El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las Ciencias*, **14** (3): 365–379.
- Barral, F.L., Fernández, E.G. y Otero, J.R.G. (1992). Secondary students interpretations of the process occurring in an electrochemical cell. *Journal of Chemical Education*, *69*, pp. 655–657.
- Boo, H. K. (1998). Students' Understanding of Chemical Bonds and the Energetics of Chemical Reactions. *Journal of Research in Science Teaching*, **35** (5): 569–581
- Brandt, L., Elen, J., Helleman, J., Heerman, L., Couwemberg, I., Volckeert, L., & Morisse, H. (2001). The Impact of Concept Mapping and Visualisation on the Learning of Secondary School Chemistry Students. *International Journal of Science Education*, **23** (12): 1303–1313.
- Brich, W. (1986). Towards a model for problem–based learning. *Studies in higher education*, **11**(51), 73–83.
- Bueso, A., Furió, C. y Mans, C. (1987). Interpretación de las reacciones de oxidación–reducción por los estudiantes. Primeros resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, pp. 155–156.
- Butts, B. and Smith, R. (1987) HSC Chemistry Students' understanding of the structure and properties of molecular and ionic compounds. *Research in Science Education*, **17**,192–201.
- Caamaño, A; Vilches, A. (2001). La alfabetización científica y la educación CTS: Un elemento esencial de la cultura de nuestro tiempo, en *Enseñanza de las Ciencias*; núm. extra sexto congreso, tomo 2, pp. 21–22.
- Campanario J, y Moya A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*. **17**(2). 179–192.
- Campanario, J.; Otero, J. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades del aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*. **18**(2), 155–169
- Candela M. (1991). Investigación y desarrollo en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Mexicana de Física*. **37**(3): 512–530.

- Cañal, P. y Porlan, R., 1987, Investigando la realidad próxima: Un modelo didáctico alternativo. *Enseñanza de las Ciencias*, **5**(2): 89–96.
- Carlsen, W. (1993). Teacher Knowledge and Discourse Control: Quantitative Evidence From Novice Biology Teachers' Classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, **30** (5), 471–481.
- Carrascosa, J. Gil-Pérez, D. y Vilches, A., (2006). Papel de la actividad experimental en la educación científica. *Cad. Bras. Ens. Fis.*, **23**, pp. 157–181.
- Carrascosa, J., Gil-Pérez, D. y Valdés, P. (2005). ¿Cómo hacer posible el aprendizaje significativo de conceptos y teorías? En Gil-Pérez, D., Macedo, B., Martínez Torregrosa, J., Sifredo, C., Valdés, P. y Vilches, A. (Eds.). ¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años?. Santiago: OREALC/UNESCO. P.p. 123–140.
- Carretero, M. (1997). *Construir y enseñar las ciencias experimentales*. Buenos Aires: Aique.
- Chamizo, J; Gutiérrez, M. (2004). Conceptos Fundamentales en Química: Valencia. *Huesos duros de roer*, 359–365. México.
- Chang Raymond y College Williams. Química General. 7ª ed. México. 2002, pp. 84–85, 116–127, 765–810.
- Coll, C. (2001). Constructivismo y educación: la concepción constructivista de la enseñanza y el aprendizaje. En C. Coll, J. Palacios y A. Marchesi (comps.), Desarrollo psicológico y educación 2. Psicología de la educación escolar (pp. 157–186). Madrid: Alianza Editorial.
- Cook, T.D. y Reichardt, Ch.J. Métodos cualitativos y cuantitativos en la investigación evaluativa. Madrid: Edit. Moranta. (1986).
- Cruz D., Chamizo J.A., Garritz A., *Estructura atómica. Un enfoque químico*, Pearson México, 2001.
- Davies A. J. (1991). A model approach to teaching redox. *Education in Chemistry*, **9**, 135–37
- Day, C. (2006). *Pasión por enseñar. La identidad personal y profesional del docente y sus valores*. Madrid: Narcea. Citado en: Álvarez, Zelmira, Porta, Luis, Sarasa, María Cristina, Buenas prácticas docentes en la formación del profesorado: Relatos y modelos entramados. Profesorado. *Revista de Currículum y Formación de Profesorado* [en línea] 2011, 15
- de Jong O., Acampo, J., and Verdonk A. (1995). Problems in teaching the topic of redox reactions: Actions and conceptions of chemistry teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, **32**(10) 1097–1110.
- de Jong, O., and Treagust, D. (2002). The teaching and learning of electrochemistry. In J. K. Gilbert, O. de Jong, R. Justi, D. F. Treagust & J. H. van Driel (Eds.), *Chemical Education: Towards research-based practice* (pp. 317–337). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Del Carmen, L. (2000). Los trabajos prácticos. En: Perales Palacios, F. J. y Cañal de León, P. (Dir.) *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Alcoy: Marfil
- Driver, R.; Newton, P.; Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, **84**(3), 287–312.
- Driver, R. and Oldham, V., (1986), A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, **13**, 105–122.
- Duschl, R., and Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, **38**, 39–72.
- Duschl, R.D. and Gitomer, D.H. (1997). Strategies and challenges to change the focus of assessment and instruction in science classrooms. *Educational Assessment*, **4** (1): 37–73.
- Frankland, E. (1852). On a new series of organic bodies containing metals. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. **142**, 417–444.
- Friedler, Y., Nachmias, R. y Linn, M.C. (1990). Learning scientific reasoning skills in microcomputer-based laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, **27** (2), 173–191.
- Furió, C. y Guisasola, J. (1998). Construcción del concepto de *potencial eléctrico* mediante el aprendizaje por investigación. *Revista de Enseñanza de la Física*, **11**(1), pp. 25–37.

- Furió, C. y Guisasola, J., (2001). La enseñanza del concepto de campo eléctrico basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada, *Enseñanza de las Ciencias*, **19**, 319–334.
- Furió, C., Azcona, R. y Guisasola, J., (2006). Enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada, *Enseñanza de las Ciencias*, **24**, 43–58.
- Furió–Más, C. y Domínguez–Sales, M.C. (2007a). Problemas históricos y dificultades de los estudiantes en la conceptualización de sustancia y compuesto químico. *Enseñanza de las Ciencias*, **25**(2), pp. 241–258.
- Furió, C. y Carnicer, J., (2002). El desarrollo profesional del profesor de ciencias mediante tutorías de grupos cooperativos. Estudio de ocho casos, *Enseñanza de las Ciencias*, **20** (1), p.47–74.
- Gallego, R. Pérez, R. Uribe, M. Cuellar, L. Amador Y. (2004). El concepto de valencia: su construcción histórica y epistemológica y la importancia de su inclusión en la enseñanza. *Ciencia y Educación*, **10**, 3, 571–583.
- Garnett, P. J., & Treagust, D. F. (1992a). Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: Electric circuits and oxidation–reduction equations. *Journal of Research in Science Teaching*, **29**(2), 121–142.
- Garnett, P. J., & Treagust, D. F. (1992b). Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: Electrochemical (galvanic) and electrolytic cells. *Journal of Research in Science Teaching*, **29**(10), 1079–1099.
- Gess–Newsome, J. (1999b). Pedagogical Content Knowledge: An introduction and orientation. In: Gess–Newsome, J. and Lederman, N. (Eds.). *Examining Pedagogical Content Knowledge. The Construct and its Implications for Science Education*. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers. pp. 3–17.
- Giere, R. (1999b). Un nuevo marco para enseñar el razonamiento científico. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 63–70.
- Gil Pérez D., Dumas A., Caillot M., Martínez Torregrosa J. y Ramírez L. (1988). La resolución de problemas de lápiz y papel como actividad de investigación. *Investigación en la escuela*, **6**, 3–19–.
- Gil Pérez D. (1994). Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las ciencias*. **12**(2). 154–164.
- Gil Pérez, D. (1991). ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, **9**(1), pp. 69–77.
- Gil Pérez, D., (1993). Contribución de la historia y filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza – aprendizaje como investigación, *Enseñanza de las Ciencias*, **11**, 197–212.
- Gil Pérez, D. y Martínez Torregrosa, J. (1987). "Los programas–guía de actividades: una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias". *Investigación en la Escuela*. Vol. 3. pp. 3–12.
- Gil Pérez, D., Furió, C., Valdés, P., Salinas, j., Martínez Torregrosa, J., Guisasola, J., González, E. Dumas–Carré, A., Goffard, M. Y Pessoa de Carvalho, A. (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, **17**(2).
- Gillespie, R. J., Humphreys, D. A., Baird, N. C. y Robinson, E. A. (1990). Química. Barcelona: Reverte.
- Gil–Pérez, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, **1**(1), 26–33.
- Glaserfeld E v. 1983 Learning as a constructive activity. In Proceedings of PME–NA, Montreal, Canada. (Reprinted in C Janvier (Ed.) 1987, Problems of representation in the teaching and learning of mathematics (3–17). Lawrence Erlbaum, Hillsdale, N.J.)
- Goh, N. K., Khoo, L. E., & Chia, L. S. (1993). Some misconceptions in chemistry: A cross–cultural comparison and implications for teaching. *Australian Science Teachers Journal*, **39**(3): 65–68

- González Eduardo, M. (1992). ¿Qué hay que renovar en los trabajos prácticos? *Enseñanza de las Ciencias*, **10**(2), 206–21.
- Grossman, P. (1990). *The Making of a Teacher. Teacher Knowledge and Teacher Education*. New York: Teachers College, Columbia University.
- Guisasola, J. (1999). Enseñanza–aprendizaje de la teoría eléctrica que explica los fenómenos electrostáticos básicos. *Alambique*, **19**, pp. 9–18.
- Hernández Sampieri, R.; Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2000): *Metodología de la Investigación*. McGraw–Hill, México.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las ciencias*. **12** (3), pp. 299–313.
- Hodson, D. and J. Hodson (1998) From constructivism to social constructivism: a Vygotskian perspective on teaching and learning sciences. *School Science Review*, **79**(289): 33 – 41.
- Jansen, M.; Wedig, U.A (2008). A Piece of the Picture–Misunderstanding of Chemical Concepts *Angew. Chem., Int. Ed.*, **47**, 10026– 10029
- Jiménez Aleixandre, M.P. y J. Díaz de Bustamante (2003) Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, **21**(3), 359–370.
- Jiménez Aleixandre, M.P., Bugallo Rodríguez, A. y Duschl, R.A. (2000). «Doing the lesson» or «Doing Science»: Argument in High School Genetics. *Science Education*, **84**, pp. 757–792.
- Johnstone A.H., (1982). Macro and microchemistry, *School Science Review*, **64**, 377–379.
- Johnstone, A. H. and Letton, K. M. (1988) Is practical work practicable?. *Journal of College Science Teaching*. **18**(3), 190–192.
- Johnstone, A. H., Morrison, T. I., and Sharp, D. W. A. (1971). Topic difficulties in chemistry. *Education in Chemistry*, **8**(6), 212.
- Jorba, J., Sanmarti, N. (ED.) (1997). *La regulación y la autorregulación de los aprendizajes*. Madrid: Editorial Síntesis.
- Justi, R. (2006), La enseñanza de las ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, **24** (2), 173 – 184.
- Kala, N., Yaman, F. & Ayas, A. (2013). The Effectiveness Of Predict–Observe–Explain Technique In Probing Students’ Understanding About Acid–Base Chemistry: A Case For The Concepts Of Ph, Poh, And Strength. *International Journal of Science and Mathematics*, **11**(3), 555–574.
- Lancelle A. (2008). La investigación dirigida como estrategia didáctica en la formación de profesores de biología. *Revista Estudios en Ciencias Humanas*. **1**(1): 1–11.
- Larkin, J. H. (1981). Enriching formal knowledge: A model for learning to solve textbook physics problems. In J.R. Anderson (Ed.). *Cognitive skills and their acquisition*, (pp. 311–334). Hillsdale, NY: Erlbaum.
- Larkin, J. H. (1983). The role of problem representations in physics. In D. Gentener & A.L. Stevens (Eds.). *Mental models*, (pp. 75–98). Hillsdale, NY: Erlbaum.
- Larkin, J. y Rainard, B. (1984). A research methodology for studying how people think. *Journal or Research in Science Teaching*, **21**(3), 235–254.
- Lopes B, y Costa N. (1996). Modelo de enseñanza aprendizaje centrado en la resolución de problemas: fundamentación, presentación e implicaciones educativas. *Revista Investigación y Experiencias Didácticas*. **14**(1): 45–61.
- Loughran, J.; Mulhall, P. and Berry, A. (2004). In Search of Pedagogical Content Knowledge in Science: Developing Ways of Articulating and Documenting Professional Practice. *Journal of Research in Science Teaching*, **41** (4), 370–391.
- Lucas A. (1990). Varieties of science education research: their applications in the classroom. *Enseñanza de las ciencias*, **8**(3), pp. 205–214.
- M. M. Pattison Muir. *The story of alchemy and the beginnings of chemistry*, Kessinger Publishing, LLC, Whitefish (MT), 1902.

- Magnusson, Krajcik y Borko. (1999). Nature, Sources, and Development of PCK. In J.Gess– Newsome and N.G. Lederman (Eds), *Examining Pedagogical Content Knowledge: The Construct and its Implications for Science Teaching* (pp. 95–132). Dordrecht: Kluwer.
- Manríquez, M.J., Varela, P. y Favieres, A. (1989). Selección bibliográfica sobre esquemas alternativos de los estudiantes en electricidad. *Enseñanza de las Ciencias*, **7**(3)
- Marcelo, C. (1999). Cómo conocen los profesores la materia que enseñan. Algunas contribuciones de la investigación sobre conocimiento didáctico del contenido. En: Montero, L. y Vez, J. (Eds.). *Las didácticas específicas en la formación del profesorado*. Santiago de Compostela: Tórculo. pp. 151–185.
- Martín Del Pozo, R. y Rivero, A. (2001). Construyendo un conocimiento profesionalizado para enseñar ciencias en la educación secundaria: Los ámbitos de investigación profesional en la formación inicial del profesorado. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, **40**, 63–79.
- Martínez M. y Varela P. (1996). De la resolución de problemas al cambio conceptual. *Investigación en la escuela*, **28**, pp.59–68.
- Mellado, V. (1996). Concepciones y prácticas de aula de profesores de ciencias en formación inicial de primaria y secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, **14** (3), 289–302.
- Mellado, V. (2001). ¿Por qué a los profesores de ciencias nos cuesta tanto cambiar nuestras concepciones y modelos didácticos? *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, **40**, 17–30.
- Miguens, M. y Garrett, R.M., (1991). Prácticas en la enseñanza de las ciencias. Problemas y posibilidades. *Enseñanza de las Ciencias*, **9**(3), 229–236
- Mintzes, J.J., y Chiu, M.H. (2004). Understanding and conceptual change in science and mathematics: An international agenda within a constructivist framework. *International Journal of Science and Mathematics Education*. 2, pp.111–114.
- Moncaleano R., Hernando, Furió, Carlos, Hernández, Juan y Calatayud, Ma. L. (2003). Comprensión del equilibrio químico y dificultades en su aprendizaje. En *Enseñanza de las Ciencias*, 2003, Número extra, 111–118 .
- Monereo C. (1995). De los procedimientos a las estrategias: implicaciones para el Proyecto Curricular Investigación y Renovación Escolar (IRES). *Investigación en la escuela*, **27**, pp. 21–38.
- Monereo, C.; Pozo, J.I.(2001). ¿En qué siglo vive la escuela? El reto de la nueva cultura educativa; en cuadernos de Pedagogía; n 298; pp. 50–55.
- Mortimer, E.F. (1995). Conceptual change or conceptual profile change? *Science and Education*, 4(3), pp. 267–285.
- Mortimer, E.F. (2001). Perfil Conceptual: formas de pensar y hablar en las clases de ciencias. *Infancia y Aprendizaje*, **24**(4), pp. 475–490.
- Novak, J. D. and Gowin, D. B. (1988). Aprendiendo a aprender. Barcelona, España: Martínez Roca.
- Nóvoa A. (2009). Para una formación de profesores construida dentro de la profesión. *Revista de Educación*, 350, 203–218
- Ogude, A. N. and Bradley, J. D. (1996). Electrode Processes and Aspects Relating to Cell EMF, Current, and Cell Components in Operating Electrochemical Cells: Precollege and College Student Interpretation. *Journal of Chemical Education*, **73**(12), 1145–1149.
- Ogunniyi, M.B. (1992). Basic Concepts Used in Research: Understanding Research in Social Sciences. Ibadan: University Press Plc.
- Ontoria Peña, Antonio Molina Rubio, Ana y Luque Sánchez, Ángela de (1997). Autoconciencia del conflicto cognitivo ante la innovación metodológica en la formación inicial de maestros. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, <http://www.uva.es/aufop/publica/actas/viii/edprima.htm>].

- Osborne, J., Erduran, S., and Simon, S. (2004a). Enhancing the quality of argument in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, **41**(10), 994–1020.
- Osorio Rojas, R. (2000): *El Cuestionario*. <http://www.nodo50.org/sindpitagoras/Likert.html>
- Österlund, L., and Ekborg, M. (2009). Students' understanding of redox reactions in three situations. *Nordic Studies in Science Education*, **5**(2), 115–127.
- Osterlund, L–L., Berg, A. and Ekborg, M. (2010). Redox models in chemistry textbooks for the upper secondary school: friend or foe?, *Chemical Education Research and Practice*, **11**(1), 182–192.
- Patiño Garzón L, Vera Márquez V, and Meisel Donoso JD. (2010). Análisis de la práctica docente desde una experiencia de la Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación (ECBI). *Revista Venezolana de Educación*. **14**(49): 333–344.
- Pintó, R., Aliberas, J., Gómez, R. (1996) Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas. *Enseñanza de las Ciencias*, **14**(2): 221–231
- Posner, G., Strike, K., Hewson, P. & Gertzog, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, vol. 66, pp.211–227.
- Pozo J, y Gómez M. (1998). Aprender y enseñar ciencia: Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. Madrid España. Pp 361.
- Praia, J.; Marques, L. (1997). El Trabajo de Laboratorio en la Enseñanza de la Geología: reflexión crítica y fundamentos epistemológico–didácticos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, **5**(29): 95–106.
- Puhl, C.A. (2000). Teaching the Language of Science: A workshop. Proceedings of the Science and Technology Education Conference 2000, Cape Town
- Reid, N., & Yang, M. (2000). Open– Ended Problem Solving in School Chemistry: A Preliminary Investigation. *International Journal of Science Education*, **24**(12): 1313–1332.
- Reif F. y Heller. (1982). Knowledge structures and problem solving in physics. *Educational Psychologist*, **17**(2), 102–127.
- Ringnes, V. (1995). Oxidation–reduction learning difficulties and choice of redox models. *School Science Review*, **77**(279), 74–78.
- Ruiz Ortega FJ. (2008). Modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamérica de estudios educativos*. **3**(2). 41–60.
- Sanger, M.J. and Greenbowe, T.J. (1999). "An Analysis of College of Chemistry Textbooks as Sources of Misconception and Errors in Electrochemistry." *Journal of Chemical Education*, **76**(6), 853–860.
- Sanmartí, N. et al., (2003) Los trabajos prácticos, punto de partida para aprender ciencias. *Aula de investigación educativa*, 113, 8–13.
- Sardá, A y Sanmartí, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, **18**(3), pp. 405–422.
- Schmidt, H. J.; Volke, D., (2003). Shift of meaning and students' alternative concepts. *International Journal of Science Education*, **25** (11), 1409–1424.
- Schmidt, H–J. (1997). Students' misconceptions – looking for a pattern. *Science Education*, **81**(2):123–135.
- Segall, A. (2004). Revisiting Pedagogical Content Knowledge: The Pedagogy of Content/the Content of Pedagogy. *Teaching and Teacher Education*. **20**(5): 489–504.
- Selvaratnman M.; (1983) Studets' mistakes in problem solving. *Education in Chemistry*. Julio, 125–128.
- Selvaratnman, M., y Kumarasinghe, S. (1991). Student conceptions and competence concerning quantitative relationships between variables. *Journal of Chemical Education*, **68**, 370–372
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching *Educational Researcher*, **15** (2), 4–14.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, **57**(1), 1–22. Traducción castellana (2005): Conocimiento y enseñanza: fundamento de la nueva reforma. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, **9**(2), <http://www.ugr.es/~recfpro/rev92ART1.pdf>.

- Silberberg, M. S. (2000). *Chemistry: The molecular nature of matter and change*. Boston, Mass: McGraw–Hill Companies.
- Silverstein T. P., (2010). Oxidation and Reduction: Too many Definitions? *Journal Chemical Education*, 88(3), 279–281.
- Sisler, H. H. y VanderWerf, C. A. (1980). Oxidation–Reduction. An example of chemical sophistry, *Journal of Chemical Education*, **57**, 42–44.
- Sosa, P (2014). Representación algebraica del método de Kauffman para asignar números de oxidación. *Educación. Química.*, **25** (E1), 223–228
- Soubirón E. 2005. Las Situaciones Problemáticas Experimentables (SPE) como alternativa metodológica en el aula. Montevideo – Uruguay: Universidad de la Republica 73 p.
- Soudani, M., Sivade, A., Cros, D., and Médimagh, M. S. (2000). Transferring knowledge from the classroom to the real world: rédox concepts. *School Science Review*, **82**(298), 65–72.
- Sumfleth, E., (1988). Knowledge of terms and problem–solving in chemistry. *International Journal of Science Education*, **10**(1), 45–60.
- Tobin, K. (1997). Cultural Perspectives on the Teaching and Learning of Science. Proceedings of the STS Joint–Symposium, Tokyo, Japan.
- Torres Salas M.I. (2010). La enseñanza tradicional de las ciencias versus las nuevas tendencias educativas. *Revista Electrónica Educare*. **XIV** (1). 131–142.
- Treagust, D. F., Jacobowitz, R., Gallagher, J.J. and Parker, J. (2001) Using assessment as a guide in teaching for understanding: A study of middle school science class learning about sound. *Science Education*, **85**, 137–157.
- Valls, E. (1995). *Los procedimientos: Aprendizaje, Enseñanza y Evaluación*. (2ª ed.) Barcelona: I.C.E. Universitat Barcelona. pp. 206
- VanderWerf, C. A., Davidson A. W., and Sisler H. H. (1945). Oxidation–Reduction: A re–evaluation. *Journal of Chemical Education* **22**(9), 450–456.
- Van–Dried, J.; Veal, W. and Janssen, F. (2001). Pedagogical content knowledge: an integrative component within the knowledge base for teaching. *Teaching and Teacher Education*, **17** (8) 979–986.
- von Glasersfeld, E. (1983). Learning as a constructive activity. In *Proceedings of 5th PME–NA* (Vol. 1, pp. 41–69).
- Wen, L., Hung, C. (2007). Exploring the Characteristics and Diverse Sources of students’ mental models of acids and bases. *International Journal of Science Education*. 29 (6), 1
- Whitten, R.; Davis, M. y Peck L. 1997. Química General. 2ª. Edición. Mc Graw Hill. Versión en español de la tercera edición en inglés de General Chemistry (1996). Saunders College Publishing.
- Zabala, A, (1993) *Cómo trabajar los contenidos procedimentales en el aula*. Buenos Aires: Grao.

Anexos

ANEXO 1: PROGRAMA-GUÍA DE ACTIVIDADES

Oxidación y Reducción



CONTENIDO

Presentación

1. Objetivos del programa guía bajo el enfoque de resolución de problemas
2. Contenidos
3. Actividades

I: El oxígeno, en las reacciones de oxidación y reducción

Lección 1: El concepto de oxidación y reducción

- ACTIVIDAD 1: El polvo relámpago
- ACTIVIDAD 2: Un acertijo químico
- ACTIVIDAD 3: El problema de las manzanas

1. 1. Las reacciones de metales con oxígeno

- ACTIVIDAD 4: Lámina de cobre
- ACTIVIDAD 5: Cobre con cloro
- ACTIVIDAD 6: Oxidación del hierro
- ACTIVIDAD 7: Hierro con carbón

1. 2. Reacción de metales con soluciones

- ACTIVIDAD 8: El problema del clavo en sulfato de cobre
- ACTIVIDAD 9: El problema del viñedo
- ACTIVIDAD 10: Reacción del magnesio con ácido clorhídrico

II. El oxígeno y el número de oxidación

Lección 2: Números de oxidación

- ACTIVIDAD 11: ¿Cuál de las siguientes reacciones es una reacción rédox?
- ACTIVIDAD 12: ¿Cuándo se oxida una sustancia?

III. La transferencia de electrones

Lección 3: Equilibrios de oxidación–reducción. Pares rédox

3.1 Las semirreacciones

3.2 Agente oxidante y agente reductor

- ACTIVIDAD 13: Analogía para la oxidación, reducción, agente oxidante y agente reductor.
- ACTIVIDAD 14: Escribiendo las fórmulas de la especie oxidada y reducida
- ACTIVIDAD 15: El líquido mágico

Lección 4: Serie de actividad de los metales

- ACTIVIDAD 16: Reactividad de los metales

3.3 Balanceo de ecuaciones de oxidación y reducción

- ACTIVIDAD 17: El cuento

IV: Los experimentos en las reacciones rédox

- EXPERIMENTO 1: La química del electrón en casa
- EXPERIMENTO 2: ¿Las reacciones rédox, pueden ser exotérmicas?
- EXPERIMENTO 3: ¿Qué pasa si sumergimos cobre en nitrato de plata? La precipitación de plata
- EXPERIMENTO 4: Reacción de metales con ácido sulfúrico
- EXPERIMENTO 5 Reacciones con otros metales

PRESENTACIÓN

Las reacciones de tipo oxido–reducción están presentes en nuestra vida cotidiana, no solo en diversos procesos de nuestro entorno, al vivir en un planeta con una atmósfera oxidante, sino que además son las que sustentan complicados procesos bioquímicos que hacen funcionar los organismos vivos como auténticas obras de ingeniería. Así mismo, cuentan con numerosas aplicaciones para la sociedad e industria que engloban: antioxidantes, procesos de revelado, sistemas de calefacción, pilas y baterías...

Los fenómenos de óxido–reducción han sido introducidos en cursos anteriores de forma general mediante las reacciones de combustión, pero todo lo relativo al ajuste y estequiometría de este tipo de procesos es nuevo y de especial dificultad para los alumnos. Se puede destacar la asignación de números de oxidación y el paso de la ecuación iónica a la molecular como conceptos sobre los que hacer más hincapié.

En este sentido, los alumnos encuentran dificultades a la hora de diferenciar la terminología (diferentes modelos) y a representar los distintos niveles representacionales de las reacciones de oxidación y reducción, por lo que es imprescindible que aprendan a realizar esquemas–dibujos de ambos dispositivos, poniendo de manifiesto sus diferencias.

1. OBJETIVOS

- Definir y comprender la evolución del concepto de oxidación–reducción desde Lavoisier hasta el electrónico actual.
- Entender el concepto de número de oxidación, así como su variación en los procesos rédox.
- Comprender que todo proceso de oxidación va asociado a uno de reducción, y viceversa.
- Saber ajustar reacciones rédox por el método ión–electrón en medio ácido–neutro y en medio básico.
- Conocer el fundamento de las valoraciones rédox.
- Manejar correctamente las tablas de potenciales normales de reducción para predecir la espontaneidad de un proceso rédox.
- Conocer aplicaciones industriales de estos procesos (pilas, baterías, acumuladores, metalurgia).

2. CONTENIDOS

A continuación, en la tabla 1 se especifican los contenidos, aprendizajes esperados, destinatarios, temporalidad y materiales requeridos para el desarrollo de esta propuesta didáctica.

Tabla 20. Contenidos, objetivos y aprendizajes esperados

Reacciones de óxido reducción de la materia y el mundo que lo rodea <i>¿Cuáles son los conceptos fundamentales que necesita un estudiante para entender el fenómeno de la oxidación y de reducción?</i>	
Competencias Genéricas y Atributos	Competencias Disciplinarias
<p>*1. Se conoce y valora a sí mismo y aborda problemas y retos teniendo en cuenta los objetivos que persigue. 1.1 Enfrenta las dificultades que se le presentan y es consciente de sus valores, fortalezas y debilidades. *3.– Elige y practica estilos de vida saludable 3.3 Cultiva relaciones interpersonales que contribuyen a su desarrollo humano y al de quienes le rodean *5.– Desarrolla innovaciones y propone soluciones a problemas a partir de métodos establecidos. 5.4 construye hipótesis y diseña y aplica modelos para probar su validez. *7.–Aprende por iniciativa e interés propio a lo largo de la vida. 7.3 articula saberes de diversos campos y establece relaciones entre ellos y su vida cotidiana. *8.–participa y colabora de manera efectiva en equipos diversos. 8.1 propone maneras de solucionar un problema o desarrollar un proyecto en equipo, definiendo un curso de acción con pasos específicos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fundamenta opiniones sobre los impactos de la ciencia y la tecnología en su vida cotidiana, asumiendo consideraciones éticas. ✓ Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas. ✓ Obtiene, registra y sistematiza la información para responder a preguntas de carácter científico, consultando fuentes relevantes y realizando experimentos pertinentes. ✓ Valora las preconcepciones personales o comunes sobre diversos fenómenos naturales a partir de evidencias científicas. ✓ Relaciona las expresiones simbólicas de un fenómeno de la naturaleza y los rasgos observables a simple vista o mediante instrumentos o modelos científicos. ✓ Contrasta los resultados obtenidos en una investigación o experimento con hipótesis previas y comunica sus conclusiones. ✓ Explicita las nociones científicas que sustentan los procesos para la solución de problemas cotidianos ✓ Aplica normas de seguridad en el manejo de sustancias, instrumentos y equipo en la realización de actividades de su vida cotidiana.
Aprendizajes esperados	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación adecuada del fenómeno de oxidación y de reducción y funciones químicas de las sustancias (agente oxidante y reductor) que intervienen. • Reconocimiento de modelos científicos elaborados sobre la oxidación y reducción. • Reconocimiento de las implicaciones socio–científicas de la oxidación y reducción. • Uso adecuado de conceptos fundamentales de química.
Destinatarios	Estudiantes de secundaria, media superior y primeros años de Universidad.
Temporalidad	6 sesiones de tiempo clase. (90’)
Materiales	Fotocopias para cada estudiante, insumos de laboratorio y útiles escolares.

Tabla 20. Contenidos, objetivos y aprendizajes esperados (*continuación...*)

Contenidos	Conceptual	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar los conceptos químicos que se vinculan con la interpretación de la oxidación y de la reducción. • Identificar adecuadamente el agente oxidante y reductor que intervienen en la reacción rédox. • Establecer diferencias semánticas entre los términos asociados a los fenómenos de oxidación y reducción con los términos de uso cotidiano. • Desarrollar representaciones sobre el proceso de oxidación y reducción (nivel macroscópico, microscópico y simbólico). • Comparar experiencias fenomenológicas sobre la oxidación y reducción. • Distinguir entre número de oxidación y valencia.
	Procedimental	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar montajes de experiencias procedimentales utilizando materiales de fácil adquisición. • Interpretar modelos icónicos sobre la electrólisis del agua en textos de consulta.
	Actitudinal	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar posturas críticas frente al desarrollo tecnológico en cuanto a los beneficios sociales e impacto ambiental. • Asumir la responsabilidad de autorregulación del aprendizaje desde las dificultades identificadas. • Reconocer y respetar la diversidad de pensamiento entre los estudiantes de la clase.

Las anteriores son algunas de las premisas más relevantes que podrían definir una visión constructivista del aprendizaje. Desde una perspectiva como esta se han derivado determinadas actividades de enseñanza (Ollerenshaw y Ritchie, 1997; Driver y Bell, 1986), esto es, propuestas de conjuntos de actividades respecto de la organización de los materiales y de las actividades que tienen que realizar los alumnos, con el fin de conseguir un aprendizaje adecuado. En todas, se parte de la identificación de las ideas de los alumnos y se dan oportunidades para que los estudiantes las conozcan y las pongan en juego. Posteriormente se trabaja en su modificación, de forma tal de conseguir un enriquecimiento de las ideas y por último, se ha de apuntar a la reflexión acerca de lo aprendido y de las características del aprendizaje realizado, que lleve a la toma de conciencia por parte de los alumnos acerca de lo que saben.

Aunque al tratar las fases de elaboración del conjunto de actividades didácticas y la metodología se dio de forma separada, vamos, sin embargo, a dar las orientaciones metodológicas al hilo de la exposición de las actividades, según convenga, con objeto de facilitar la labor del profesor. El desarrollo de cada uno de los anteriores puntos es trabajo personal del profesor que no tiene por qué llegar directamente al alumno. En cambio, las actividades que ahora proponemos son a las que el alumno ha de dar respuesta.

Atendiendo a la intencionalidad de los principios educativos que rigen la elaboración de esta unidad didáctica, para mayor claridad vamos a distinguir tres tipos de actividades:

1. El primer paso es el desarrollo de actividades para la detección de las *concepciones alternativas* que nuestros alumnos pudieran tener sobre los fenómenos de oxidación–reducción que vamos a tratar. Estas actividades, por tanto, inciden sobre el *contexto* cognitivo del estudiante.
2. Las actividades para el desarrollo del tema de oxidación y reducción inciden sobre todo en la *experiencia* del alumno, organizando y potenciando su experiencia inicial (que luego será ampliada a lo largo de todo el bloque didáctico), pero también afecta al contexto cognitivo porque nos brinda una buena ocasión para explorar las ideas instruccionales previas.
3. Las actividades para el desarrollo de los contenidos complementan las experiencias inicialmente propuestas y las profundizan, sometiendo al alumno a una *reflexión* sobre las mismas y a una aplicación (*acción*) como consecuencia del deseable compromiso cognitivo y afectivo al que el alumno debe llegar.

En la **Figura 1** se presenta el mapa conceptual sobre el tema, con el fin de observar la correlación de diferentes aspectos que integran el contenido a tratar, deduciendo que realmente corresponde a una reunión varios conceptos.

Las reacciones de oxidación reducción (reacciones rédox) son transformaciones químicas de gran importancia práctica, ya que estudian fenómenos como la combustión de muchas sustancias, la oxidación de los metales y los procesos de producción de energía a partir de las pilas. Asimismo, las reacciones rédox tienen especial importancia en el metabolismo de los seres vivos. La respiración celular y la fotosíntesis, por ejemplo, son rutas metabólicas que transcurren gracias a este tipo de reacciones.

Tradicionalmente, los conceptos de oxidación y reducción se han asociado a la ganancia o pérdida de oxígeno. De este modo, se ha definido oxidación como cualquier proceso en el que se gana oxígeno, mientras que la definición tradicional de reducción implica aquellos procesos durante los cuales una sustancia pierde oxígeno. Sin embargo, en la actualidad los conceptos de oxidación y reducción no se limitan a la transferencia de oxígeno, sino que se ha ampliado de tal modo que abarcan todas las transformaciones en las cuales hay una transferencia de electrones de una sustancia a otra.

Reacciones de oxidación y reducción (rédox)

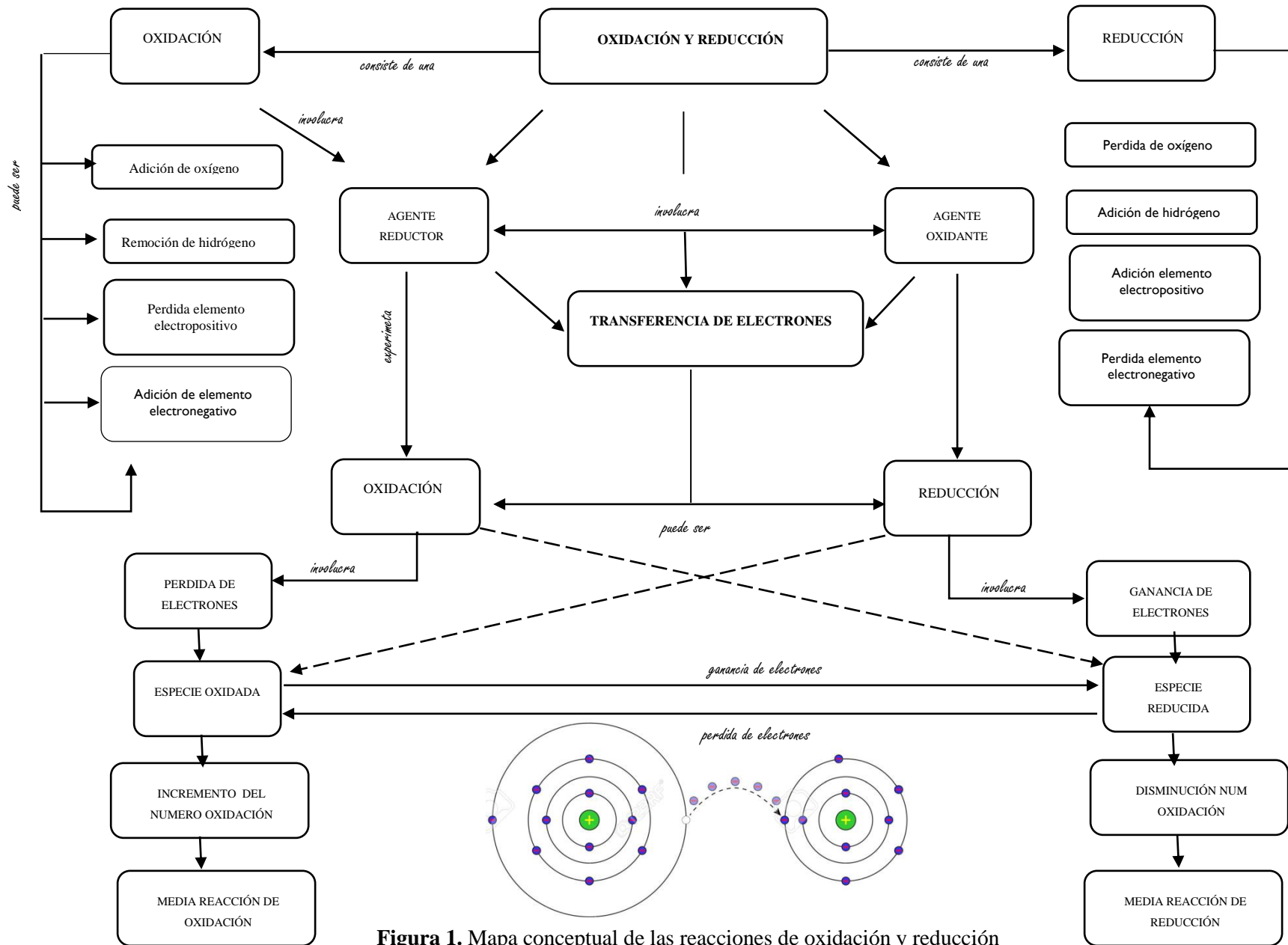
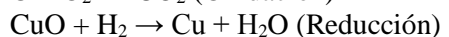
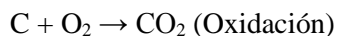


Figura 1. Mapa conceptual de las reacciones de oxidación y reducción

Lección 1: El concepto de oxidación y reducción

En un principio se definió la oxidación como el proceso donde tiene lugar una fijación de oxígeno y la reducción como el proceso contrario, en el que se produce una pérdida de oxígeno.

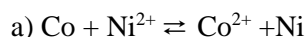
De este modo:



Oxidante es la sustancia que cede oxígeno y reductor es la que lo capta.

Las reacciones de oxidación–reducción forman una parte importante del mundo que nos rodea. Abarcan desde la combustión de combustibles fósiles hasta la acción de los blanqueadores domésticos. Asimismo, la mayoría de los elementos metálicos y no metálicos se obtienen a partir de sus minerales por procesos de oxidación o de reducción. El término *rédox* proviene de reducción–oxidación. Estas reacciones forman una parte importante del mundo que nos rodea. Asimismo, la mayoría de los elementos metálicos y no metálicos se obtienen a partir de minerales por procesos de oxidación o de reducción.

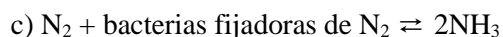
Existe un grupo grande de reacciones que implican la transferencia de electrones de forma evidente, y otras de forma sutil. A este grupo se le conoce como reacciones de oxidación–reducción. Por ejemplo,



Este es un ejemplo de reacción de óxido–reducción, donde la característica de transferencia electrónica es clara, mientras que:



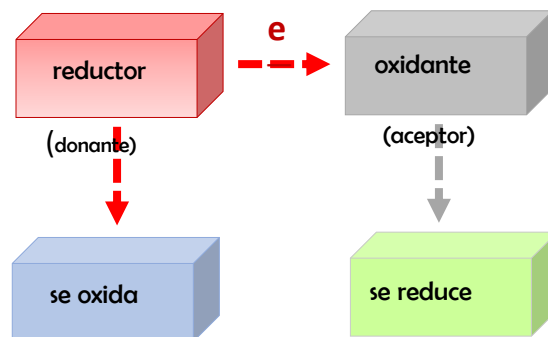
es también una reacción de óxido–reducción, pero aquí es evidente la transferencia de oxígeno.



Aquí también tenemos una reacción de óxido–reducción, pero en este caso es evidente que la transferencia es de hidrógenos. Los procesos de oxidación y reducción no son aislados. Todo proceso de oxidación va unido necesariamente a otro de reducción.

El término reacción de **OXIDACIÓN** se refiere a la semirreacción que implica la pérdida de electrones, lo que origina un aumento en el número de oxidación. Antiguamente, los químicos empleaban el término "oxidación" para expresar la combinación de elementos con oxígeno. Sin embargo, actualmente tiene un significado más amplio ya que también incluye reacciones en las que no participa el oxígeno.

Una reacción de **REDUCCIÓN** es una semirreacción que implica una ganancia de electrones, lo que genera una disminución del número de oxidación.



I: El oxígeno, en las reacciones de oxidación y reducción

ACTIVIDAD 1: La masa en la oxidación del magnesio

Este diseño corresponde, a la oxidación de un metal, en concreto del magnesio. La diferencia radica en que se realiza una encuesta ante situaciones donde las respuestas de los estudiantes se exponen después de que ellos mismos hacen, de forma experimental, el proceso de combustión y observan los cambios producidos.

1. Describir el proceso que ha tenido lugar.

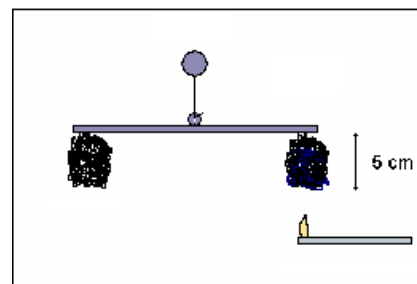
2. Si se hubiese pesado la cápsula (con el magnesio) antes de la experiencia y después (con los productos que quedan). ¿En qué caso se obtendría mayor peso? Justificar la respuesta.

✍ *Comentario A1:* Después de haber visto como el profesor ha quemado un trozo de cinta de magnesio. A continuación, se entregará otro trozo, observar el aspecto que tiene y proceder, siguiendo las indicaciones del profesor, a quemarla. A continuación, observar la sustancia formada y proceder, de forma individual, a responder a las cuestiones siguientes:

ACTIVIDAD 2: Un acertijo químico

Se deja olvidada encima de la mesa una cantidad pesada de polvo negro de hierro. Al cabo de algunos días se comprueba que el hierro se ha transformado en polvo amarillo que es una sustancia nueva llamada herrumbre. Ahora el polvo amarillo

- a) pesará más que el hierro inicial
- b) pesará igual que el hierro inicial
- c) pesará menos que el hierro inicial
- d) no lo sé
- e) Explica tu respuesta



Equipo: Soporte de anillo, pinza, alambre delgado, hilo macizo

Materiales: lana de acero, el alcohol

Escribe la ecuación con palabra:

Discutir en grupo la siguiente pregunta: ¿Cómo plantearías un experimento similar en el que se quema una vela? ¿Cambia la masa?

✍ **Comentario A2:** Las dificultades en asumir la conservación de la masa en los procesos anteriores son debidas, según nuestra hipótesis, a que intervienen gases. En el diseño anterior estos actuaban como productos de reacción, ahora queremos comprobar que, cuando los gases actúan como reactivos también existen dificultades. Tengamos en cuenta que, como se ha señalado en otro apartado, la interpretación de la participación del oxígeno en las oxidaciones o en las combustiones costó mucho tiempo admitir y fue clave para invalidar la teoría del flogisto y una aportación básica para confeccionar posteriormente la teoría atómica.

El diseño consistió en un ítem referente a la oxidación del hierro. La elección de este proceso fue porque corresponde a una reacción presumiblemente conocida por ellos a través de observaciones cotidianas.

ACTIVIDAD 3: ¿Cómo evitar que se oscurezcan las manzanas?

Freshfruit es una empresa que tiene el proyecto de vender bolsas de fruta cortada (por ejemplo manzanas) en las cafeterías de los institutos, como alternativa a la comida chatarra, y de esta manera fomentar hábitos alimenticios saludables. El problema es que al cortar la fruta para envasarla ésta cambia de color. Esto causaría dificultades para venderla, ya que la gente la rechazaría por su mal aspecto.



1. *¿Qué se podría hacer para conseguir que la fruta se mantenga con el mismo aspecto que tiene la fruta recién cortada?*

Ten en cuenta que para resolver este problema puedes utilizar:

Los conocimientos científicos o de la experiencia cotidiana sobre las reacciones químicas y los seres vivos, que permiten explicar el cambio de color de las frutas después de cortadas.

Los recursos materiales similares a los que tenían en la empresa *Freshfruit* (se indica el pH de las sustancias).

Manzanas: pH= 3.2	Zumo de naranja: pH= 4
Agua del grifo: pH= 7	Zumo de limón: pH = 2,3
Azúcar	Vinagre: pH= 3, contiene: ácido acético y agua
Sal	Bicarbonato de sodio: pH= 8.4, efecto antiácido
Film de embalar alimentos	Otro material que consideres que es necesario

Para resolver el problema, tienes que elaborar un diseño experimental para contrastar las hipótesis. Cuando llegues a una propuesta de solución, tienes que justificarla.

2. *En la situación real de una empresa que tiene este problema se podrían utilizar otros métodos. Si se te ocurre alguno de ellos, explícalo.*

✍ **Comentario A3:** Esta actividad de laboratorio es un problema auténtico (Jiménez Aleixandre, 2010) ya que su respuesta no es obvia. Está contextualizada en la vida real. Requiere que el alumnado lleve a cabo un proceso de indagación, diseñando el proceso. Puede tener varias soluciones posibles. Por todo ello permite trabajar muchos de los aspectos que forman parte de la competencia científica.

I. 1. Las reacciones de metales con oxígeno

Con este problema, tratamos de obtener información acerca de cómo los estudiantes describen sus conceptos de reacciones de un metal con el oxígeno: como la transferencia de oxígeno o como transferencia de electrones, y cómo se aplica la definición elegida para las reacciones de metal con cloro. El otro punto de interés es determinar si la definición elegida es referida a una oxidación o reducción de *sustancias* o de *partículas*.

ACTIVIDAD 4

Una lámina de cobre fino se pliega a un sobrecito y se calienta con la llama caliente. El cobre rojo se vuelve negro en el exterior, en el interior sigue siendo el color rojo. Esto es porque:

- una reacción de combustión se lleva a cabo [A]
- hollín negro se deposita en el exterior [B]
- tiene lugar una reacción rédox [C]
- átomos de cobre cambian de color [D]

✍ *Comentario A4.* La respuesta correcta [C], parece que la mayoría de los estudiantes no saben diferenciar entre una "llama amarilla" y "llama caliente azul". Además, los estudiantes no tienen claro el papel del oxígeno en los procesos de combustión, buscan explicaciones cotidianas: "se quema el oxígeno y el hollín se deposita; el oxígeno se quema y se crea dióxido de carbono; la combustión de oxígeno puede conducir a la formación de CO, CO₂, C".

ACTIVIDAD 5

Una lámina delgada de cobre se calienta y se coloca en un frasco de gas que se llena con gas cloro. El cobre se ilumina y una sustancia verde aparece debido a que:

- El cobre reacciona con el cloro [A]
- El cloro forma ácido clorhídrico y el metal se destruye [B]
- Una reacción ácido-base se lleva a cabo [C]
- El cloro destruye los átomos de cobre [D]

✍ *Comentario A5:* La respuesta correcta [A], la explicación que se puede dar para esta actividad dada por un estudiante es: "No hay O₂, de modo que ningún CuO se puede formar, sin embargo, se lleva a cabo una reacción rédox, pero sólo con cloro". A pesar del conocimiento de la definición ampliada, una transferencia de electrones no se agregó a la interpretación, incluso los estudiantes prefieren trabajar con la definición de oxígeno más familiar –la definición ampliada sólo se utiliza cuando no hay ninguna conexión obvia con el oxígeno.

Actividad complementaria

La corrosión. Debido al hecho de que la corrosión juega un papel importante en la industria y la sociedad, este tema es un tema significativo en las clases de química. Es especialmente importante analizar la forma en que los estudiantes utilizan procesos redox sencillos y extendida.

ACTIVIDAD 6

El hierro no se oxida en un ambiente seco; sin embargo, existen lugares donde se oxida muy fácilmente debido a que el aire contiene mucha humedad. Esto es porque:

- El hierro contiene óxido que aparece cuando se expone al aire [A]
- Los átomos de hierro se oxidan [B]
- Una reacción ácido–base se lleva a cabo [C]
- Los átomos de hierro se destruyen a través de la oxidación [D]

Comentario A6: Los conceptos previos de los estudiantes se atienden particularmente a través de la formación de herrumbre, se producen fácilmente los conflictos entre el lenguaje cotidiano y la teoría moderna redox. La reacción del hierro con agua o vapor rara vez se menciona: “el hierro atrae la humedad del aire y se oxida; los átomos de hierro se oxidan con el oxígeno del vapor; el hierro no tiene ninguna capa de protección y es atacado por la humedad ”.

Actividad complementaria

Proceso horno. Los estudiantes deben conocer el proceso de producción del metal más importante: el hierro. A ellos les gusta decir "calentando el mineral de hierro se funde, y se acabó ". Así que vamos a informarles que el mineral tiene mezclas y se calientan con carbón y esto con la finalidad de que el estudiante realice una investigación de respecto a las reacciones redox se puede determinar fácilmente.

ACTIVIDAD 7

El hierro se produce mediante la mezcla de mineral de hierro (es decir, óxido de hierro, Fe_3O_4) y carbono en un horno y calentando ambas sustancias hasta hierro brillante fluye hacia fuera. En este proceso:

- El carbón es un catalizador [A]
- Una reacción rédox tiene lugar [B]
- El óxido de hierro se reduce [C]
- El óxido de hierro se descompone en sus elementos [D]

✍ **Comentario A7:** Nadie ha descrito la reacción rédox de los óxidos de hierro con monóxido de carbono formado por la combustión del carbón. Muchas de sus explicaciones son bastante elementales: " el carbono reacciona con el oxígeno para obtener CO₂, pero sigue siendo Fe; se necesita oxígeno para quemar carbón y esto se toma del óxido de hierro; el hierro material sólido debe su estabilidad al carbono; de carbono sólo ayuda a que inicie la reacción.

Parece ser que los estudiantes evitan utilizar la definición de transferencia de electrones debido a que la definición del modelo de oxígeno es más familiar. Esta definición se ha aprendido en lecciones de química usando un lenguaje simbólico para las ecuaciones de reacción simple. También ha hecho un impacto debido a los experimentos relacionados con los efectos de sonido y fuego que se pueden recuperar fácilmente. La definición rédox ampliada tal vez se ha trabajado formalmente en los ejercicios de lápiz y papel, pero no necesariamente intensificado de manera que el modelo de transferencia de electrones no provoque un cambio en la estructura cognitiva.

I. 2. Reacción de metales con soluciones

Los siguientes problemas ya no pueden ser interpretados con la definición de oxígeno, pero requieren el concepto de transferencia de electrones. Estas reacciones son fáciles de demostrar a través de experimentos y, especialmente, pueden ser utilizados como experimentos de los estudiantes, es por eso que se supone que cada estudiante sabe que lo que ocurre en cada fenómeno y podrían ser capaces de interpretarlos.

ACTIVIDAD 8

Un clavo de hierro se sumerge en una solución de sulfato de cobre. Después de algún tiempo, un revestimiento de color cobre se puede encontrar en el metal. Explicar la observación.

Comentario A8: En muchos casos, los estudiantes no diferencian entre el cobre y sulfato de cobre sólido y una disolución de sulfato de cobre, o entre las *sustancias* y *partículas*: " los iones de cobre desde la solución se depositan sobre el clavo de hierro ". Varios estudiantes asumen el recubrimiento metálico es óxido: " el asunto de color cobre es el óxido; hierro es atacado que da lugar a la oxidación; las royas de uñas después de haber sido sumergido en la solución de sulfato de cobre ". Otros no ven ninguna reacción en el procedimiento y asumen la atracción de fuerzas o interacciones magnéticas.

Algunos podrían mencionar que la "disolución de sulfato de cobre se satura y se combina con átomos de hierro del clavo; los electrones del cobre se adicionan y se forma un revestimiento; el sulfato de cobre se reduce a cobre y el hierro se oxida; el clavo de hierro reacciona con la solución de sulfato de cobre, el hierro absorbe electrones del CuSO_4 y forma un color de cobre a través de una reacción rédox.

Las concepciones alternativas juegan un papel más significativo por los estudiantes que ya han tomado un curso de química, no diferencian entre los átomos e iones, átomos y sustancias, o sustancias y partículas; se utilizan simplemente como sinónimos. Los estudiantes definitivamente carecen de una comprensión del concepto de iones en soluciones de sal.

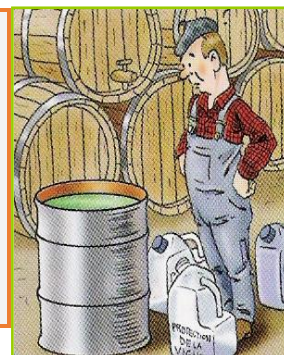
ACTIVIDAD 9



El problema del viñero

El **mildíu** es una enfermedad de las uvas, que ha hecho grandes estragos en los viñedos. Es una enfermedad causada por un hongo que vive dentro de la planta. Para tratarlo, se utiliza sulfato de cobre que se mezcla con agua y cal, para formar lo que se denomina hervida *bordelaise*. Se fumiga con esta mezcla a la vid, al menos 3 veces.

Marcelo acaba de sulfatar su valioso viñedo. No ha utilizado la totalidad de su disolución de sulfato de cobre y quiere conservar el resto para sulfatar nuevamente la semana siguiente. Almacenará su solución de sulfato de cobre en un bidón de hierro. Unos días más tarde, observa con sorpresa que el interior del tanque está recubierto de un depósito rojo y que la solución, inicialmente azul, se ha convertido en verde. Curioso, desea comprender lo que ha ocurrido! Pero, habiendo sido siempre un poco despistado en la escuela, especialmente en cursos de química, es incapaz de resolver este problema! ¿Puedes ayudarlo?



Destaca en el texto que antecede el fenómeno observado por Marcelo,
Y formula una hipótesis.
¿Cómo verificarías esta hipótesis?

Comentario A9: En muchos casos, los estudiantes no diferencian entre el cobre y sulfato de cobre

ACTIVIDAD 10

Reacción del magnesio (Mg) con el ácido clorhídrico, HCl (ac), producción de un gas, el gas se verifica como de hidrógeno (H₂):

- Una reacción rédox tiene lugar [A]
- Una reacción ácido–base se lleva a cabo [B]
- Partículas de cloro se oxidan [C]
- Átomos de magnesio se oxidan [D]

✍ **Comentario A10:** El problema se considera resuelto cuando cualquiera [A] o [D] se elige y es lo suficientemente explicado. Las explicaciones deben contener al menos una ecuación de reacción apropiada. A modo de ejemplo, varias explicaciones apropiadas son: "el magnesio está activo, los metales activos reaccionan con los ácidos y se forma hidrógeno; el Mg se oxida; si el Mg y HCl se combinan para producir MgCl₂". Ejemplos de explicaciones incorrectas son: "el magnesio se oxida y el ácido clorhídrico se reduce; ambos materiales se alteran, el magnesio gana electrones y el ácido clorhídrico pierde electrones; el átomo de H se divide entre el Cl y se combina para obtener H₂; Mg y Cl reaccionan a MgCl₂". En muchos casos, se les dio inapropiados símbolos de moléculas en lugar de utilizar símbolos iónicos. También pudieran responder que " la transferencia de electrones es el responsable de este resultado " se da la respuesta incompleta sin ningún otro comentario y sin sentido.

Lección 2: Números de oxidación

El **número de oxidación (n.o.)** de un átomo en un compuesto es el número teórico (formal) que se obtiene aplicando unas reglas sencillas y que nos informan sobre la carga que presentaría dicho átomo, si los pares electrónicos que forman los enlaces se asignaran a los átomos más electronegativos.

La **electronegatividad** es la medida del poder de un átomo (o grupo de átomos) de atraer electrones. Es decir, un átomo muy electronegativo tiene mucha tendencia a atraer los electrones de un enlace. Así, el elemento más electronegativo es el flúor y menos electronegativo es el cesio.

Ejemplos: HCl: el cloro tiene aquí n.o. -1 y el hidrógeno $+1$. CH₄: el carbono tiene n.o. -4 y el hidrógeno $+1$. CCl₄: el carbono tiene n.o. $+4$ y el cloro -1 .

Si nos fijamos en el número de oxidación del átomo de carbono vemos algo muy significativo: pasa de valer -4 en el CH₄ a valer $+4$ en el CCl₄. El número de oxidación nos informa del *estado* de ese átomo en un compuesto determinado. Conviene insistir en que el número de oxidación no representa la carga real eléctrica de un átomo en un compuesto. Así, tanto en el NO como en CaO, el n.o. del oxígeno es -2 . Sin embargo, al ser el primero un compuesto covalente, no existe una carga real -2 en el O (y $+2$ en el N), pero se le asigna ese n.o. negativo pues el O es más electronegativo que el N. En el CaO, al tratarse de un compuesto iónico, se es más preciso indicar que la carga real del oxígeno es -2 .

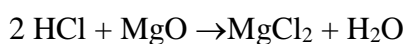
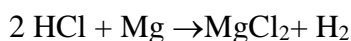
Reglas	Ejemplos						
1. El número de oxidación de todos los elementos en estado natural es 0.	Na (s), Fe (s), H ₂ (g), O ₂ (g), Cl ₂ (g), ...						
2. El número de oxidación del oxígeno en los compuestos es siempre -2 . Tan solo en el caso de los peróxidos actúa con -1 .	H ₂ O: el H actúa con $+1$ H ₂ O ₂ : el O actúa con -1						
3. El número de oxidación del hidrógeno en los compuestos es $+1$ cuando se combina con la mayoría de los no metales. Por el contrario es -1 cuando lo hace con los metales.	HCl: el H actúa con $+1$ NaH: el H, en este caso, actúa con -1						
4. El número de oxidación de los metales alcalinos es siempre $+1$, y el de los alcalinotérreos es siempre $+2$.	Li, Na, K, Rb, Cs, actúan con $+1$ Be, Mg, Ca, Sr, Ba, actúan con $+2$						
5. La suma de los números de oxidación de un compuesto ha de ser 0. La suma de los números de oxidación de un ion poliatómico debe ser igual a la carga del ion.	<table style="display: inline-table; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">$+1 \ 2 \ -2$</td> <td style="text-align: center;">$+1 \ 2 \ +6 \ -2 \ 4$</td> <td style="text-align: center;">$+4 \ -2 \ 3$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">H₂O</td> <td style="text-align: center;">H₂SO₄</td> <td style="text-align: center;">CO₃²⁻</td> </tr> </table>	$+1 \ 2 \ -2$	$+1 \ 2 \ +6 \ -2 \ 4$	$+4 \ -2 \ 3$	H ₂ O	H ₂ SO ₄	CO ₃ ²⁻
$+1 \ 2 \ -2$	$+1 \ 2 \ +6 \ -2 \ 4$	$+4 \ -2 \ 3$					
H ₂ O	H ₂ SO ₄	CO ₃ ²⁻					

II. El oxígeno y número de oxidación

El concepto moderno de oxidación y reducción involucra la transferencia de electrones y el número de oxidación, finalmente, deben entrar en juego aquí con el fin de indagar sobre los modelos mentales que los estudiantes emplean con mayor frecuencia y de manera apropiada.

ACTIVIDAD 11

¿Cuál de las siguientes reacciones es una reacción rédox?



Se les presenta el siguiente dialogo entre estudiantes respecto a las reacciones mencionadas, ahora te toca a ti realizar tu comentario:

La primera reacción es una reacción rédox. En la segunda reacción los átomos de magnesio se oxidan.

Yo también creo que la primera reacción es una reacción de oxidación y reducción: El magnesio se oxida y se reduce el ácido clorhídrico.

Pero la primera reacción puede ser, pero no hay reacción rédox, porque de hecho no hay oxígeno, entonces ¡no está involucrado! Creo que la segunda reacción si es una reacción rédox, porque el MgO pierde un oxígeno.

¿Qué respuesta darías tú en esta situación?

ACTIVIDAD 12

Una sustancia se oxida cuando:

- necesita oxígeno [A]
- Ocupa electrones [B]
- funciona como un agente oxidante [C]
- funciona como un agente reductor [D]

✍ **Comentario A12:** Las explicaciones que los estudiantes pueden limitarse a declaraciones tales como que la oxidación es la adición de oxígeno o que la oxidación corresponde a la presencia de oxígeno. Otras posibilidades de respuestas corresponderían a que la oxidación conlleva a una liberación de electrones y este sería el agente reductor, en el proceso de oxidación, una sustancia pierde electrones que luego son reemplazados por oxígeno. Sin embargo, podría suceder que ambos modelos rédox constantemente sean mezclados evidenciando como si nunca se les ha enseñado las transferencias de electrones relacionados a partículas. Algunas de las problemáticas a resolver es que rara vez se les enseña de dónde proceden los electrones y de donde se transfieren los electrones.

Problema 1 ¿Cuál de las siguientes reacciones describe una oxidación?

- $\text{Mn}^{2+} \rightarrow \text{MnCl}_2$ [A]
- $\text{MnO}_4^- \rightarrow \text{MnO}_4^{2-}$ [B]
- $\text{Mn(OH)}_2 \rightarrow \text{MnO}_2$ [C]
- $\text{Mn}^{3+} \rightarrow \text{Mn}_2\text{O}_3$ [D]

Problema 2 ¿Qué ecuación se correlaciona con una reducción?

- $\text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Cr}_{(s)}$ [A]
- $\text{Cr}^{3+} \rightarrow \text{Cr}_{(s)} + 3\text{e}^-$ [B]
- $\text{Cr}_{(s)} \rightarrow \text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^-$ [C]
- $\text{Cr}_{(s)} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Cr}^{3+}$ [D]

✍ **Comentario P1y2.** La respuesta correcta al problema 1 es la opción [C], y se espera que los estudiantes realicen comentarios aceptables, tales como: los números de oxidación se incrementan; debido a que el número de oxidación es más positivo; el número de oxidación del Mn se incrementó de +2 +4; se ganaron electrones. En el problema 2, la respuesta correcta es [A]. Sin embargo, puede ser que las explicaciones se limiten a la mera mención de términos y una reformulación de los números de oxidación y no dar comentarios. Con esta actividad se pretende

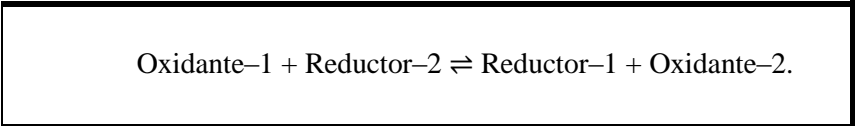
verificar que los estudiantes no tienen claro " + 3e- " en cuanto a si debe aparecer en la izquierda o en el lado derecho de la ecuación de la reacción. Los estudiantes no se dan cuenta de las diferencias de carga entre el lado derecho y el lado izquierdo de la ecuación.

Se espera que una gran cantidad de los estudiantes al transitar del modelo de oxígeno al de transferencia de electrones, en particular como las reacciones de oxidación y reducción tiene que ser interpretado en el nivel de las partículas más pequeñas. En este sentido, la reducción ya no se limita a un óxido metálico como una sustancia, sino más bien a la reducción de un ion metálico o al átomo de metal. Debido a que tal vez no se logre un cambio conceptual, sino a las concepciones alternativas relacionadas debería si es posible, se debe prevenir o corregir.

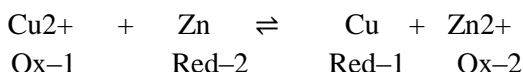
Lección 3: Equilibrios de oxidación–reducción. Pares rédox

Estos equilibrios son los que se producen entre especies químicas cuando hay una transferencia de electrones. En definitiva, se pueden definir las reacciones rédox como los procesos químicos en los que tiene lugar alguna variación en el número de oxidación de los elementos. Por ejemplo, en la reacción $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2 HCl$, el H pasa de estado de oxidación 0 a +1 y el Cl de estado 0 a -1.

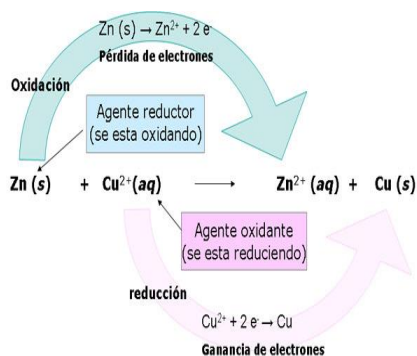
Para que exista una oxidación ha de producirse una reducción y viceversa. Por tanto, son procesos simultáneos. Podemos generalizar los equilibrios rédox de este modo:



Por ejemplo:



Cu^{2+}/Cu constituyen un par rédox y Zn^{2+}/Zn otro. Los pares están formados por las especies oxidada y reducida de una sustancia química. Igual que en las reacciones ácido-base, si un oxidante es fuerte su reductor conjugado es débil y si un reductor es fuerte, su oxidante conjugado es débil. El paralelismo entre los pares conjugados ácido-base (según la teoría de Brønsted-Lowry) y los pares rédox se ve claramente en el cuadro siguiente:



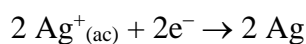
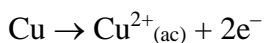
	Ácido – base	Rédox
Transfere	protones	electrones
ncia de		
Dona	ácido	reductor
Acepta	base	oxidante

III. La transferencia de electrones

Los errores más dramáticos realizados por los estudiantes son causados por la interferencia del concepto de oxígeno con el concepto de electrones. Después de realizar la actividad relacionada con la reacción de ácido clorhídrico y óxido de magnesio e hidróxido de magnesio, donde las dos sustancias contienen oxígeno, poniendo en evidencia la concepción alternativa de que es absolutamente necesario el oxígeno para que ocurra una reacción rédox.

Un requisito previo para la interpretación de las precipitaciones de metales es el término "ión" y la sencilla estructura del átomo con el núcleo del átomo y capas electrónicas diferenciadas. Si el término de iones se planteó en el curso de química I, a continuación, los colores de las disoluciones de las sales son ya conocidos –por ejemplo, el color azul claro de las soluciones diluidas de sulfato de cobre o de soluciones de cloruro de cobre diluido. Provisto con esta información, hay buenas condiciones previas para la interpretación orientada hacia los problemas de los siguientes experimentos. Si un clavo de hierro se sumerge en una solución de sulfato de cobre, a continuación, una capa de color cobre aparece en la parte que se ha sumergido (ver **E4.1**). Si la viruta de hierro se coloca en una solución de sulfato de cobre, a continuación, la solución se calienta y el color azul de la solución desaparece (ver **E4.2**).

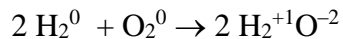
Si un cable de cobre en forma de hélice se coloca en una solución de nitrato de plata y esperamos unos minutos, entonces el desarrollo de agujas de cristal de plata puede ser observado y el cambio en el color de la solución inicialmente incolora se cambia a azul (ver **E4.3**). Con esta reacción se observa que el $\text{Cu}^{2+}_{(\text{ac})}$ iones aparece y que el cobre se ha disuelto parcialmente. A partir de esta reacción, se concluye que, con experiencias recogidas desde el primer experimento (ver **E4.1**), los átomos de los metales se disocian en la solución en forma de iones, acompañado por la liberación de electrones. Junto con esto, los cationes metálicos de la solución de la sal están ganando estos electrones, formando átomos del metal y se visualiza la formación de cristales aciculares de plata y la disolución azulada por la formación de cationes cobre (II).



Al describir estas medias reacciones, debe hacerse evidente para los estudiantes que el término “+2e–“debe colocarse en el lado correcto de la ecuación: un átomo de Cu sólo puede convertirse en un ión Cu²⁺ si al mismo tiempo libera dos electrones. Es recomendable sugerir a los alumnos que el número de átomos y el número de cargas deben ser los mismos " a la izquierda y derecha de la flecha ". En los ejemplos dados, el número de las cargas es cero en cada caso.

3.1 Las semirreacciones

Hay muchas reacciones de oxidación y reducción que no deben ser interpretados en el sentido de la transferencia de electrones, sino más bien con un aumento o disminución en su número de oxidación. El ejemplo más obvio es la reacción exotérmica de hidrógeno y oxígeno para formar agua:

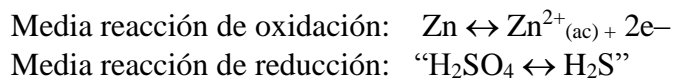


En este ejemplo, un desplazamiento de los electrones de este tipo podría ser expresada de tal manera que a partir de enlaces de pares de electrones no polares en las moléculas de H₂ y de O₂ se obtienen moléculas de enlaces polares para H₂O. También, a partir de moléculas no polares se forman dipolo–moléculas. Este proceso puede ser descrito en un modelo números con carga imaginario, los *números de oxidación*. Estos números suministran el número de cargas que están contenidos en un átomo de un compuesto cuando se considera que el compuesto se compone de iones. Para esta deliberación formal, los electrones compartidos por átomos de diferente electronegatividad se le asignan al más electronegativo.

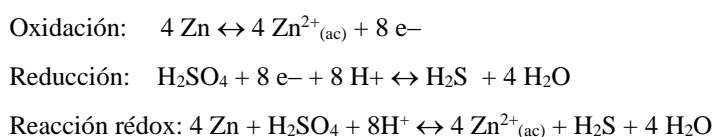
En el ejemplo mencionado, el número de oxidación 0 de los átomos de H en la molécula de H₂ se incrementa con el valor de +1 en la molécula de H₂O. Además, se encuentra correspondientemente la reducción de los átomos de O en moléculas de O₂ a átomos de O en la molécula de H₂O; el número de oxidación disminuye de 0 a –2. En este sentido, cada oxidación se lleva a cabo con un aumento del número de oxidación; cada reducción con la disminución en el número de oxidación.

Es posible describir las reacciones utilizando el modelo de los números de oxidación, como en el ejemplo de la reacción de zinc con ácido sulfúrico concentrado. Mediante el uso de ácidos

diluidos, se obtiene hidrógeno; con ácido sulfúrico concentrado el metal zinc forma sulfuro de hidrógeno con un olor desagradable (**ver E4.4**):



La reducción de los átomos de S, S^{+6} en las moléculas de H_2SO_4 a átomos de S^{-2} en las moléculas de H_2S se lleva a cabo con la obtención de 8e^- para los que 4 átomos de Zn son necesarios por paso elemental. Además, cuatro átomos de O de la molécula de H_2SO_4 deben ser transformadas con 8 iones H^+ en $4 \text{H}_2\text{O}$:



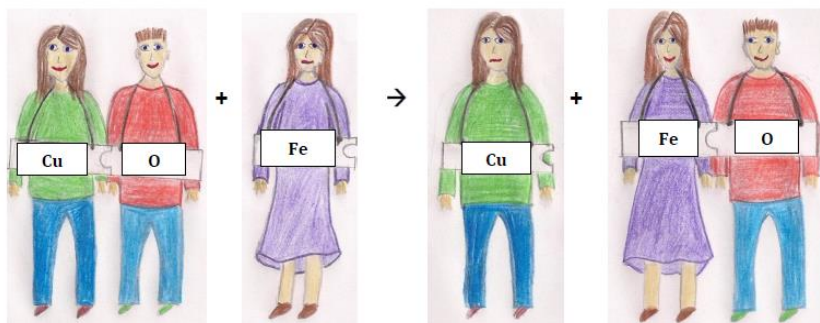
Con esta descripción, se hace evidente por qué exactamente 4 átomos de Zn por paso elemental tienen que reaccionar: es necesario tener un equilibrio de los electrones perdidos y ganados en la etapa de oxidación y reducción. En este caso, en la primera etapa de la reacción, 8 electrones son necesarios, 4 átomos de Zn tienen que perderlos. Aparte de esto, se debe comprobar, si las cargas "a la izquierda y derecha de la flecha" son iguales en la etapa de oxidación y reducción, y se deben igualar para establecer la ecuación completa. Puesto que el gas H_2S queda fuera del balanceo, ocurre un cambio en favor de los productos.

3.2 Agente oxidante y agente reductor

El término oxidante y reductor puede ser usado con el nombre de “*agente oxidante*” y “*agente reductor*” respectivamente, pero en este caso los términos se utilizan para describir la especie (átomo, molécula o ion), encargada de la acción oxidante o reductora. Durante una reacción rédox, el oxidante se reduce y el reductor se oxida.

ACTIVIDAD 13

Analogía para la oxidación, reducción, agente oxidante y agente reductor.



Diferencias	Analogías

✍ **Comentario A13.** Escribe las diferencias y las analogías existentes entre el agente oxidante y el reductor. La figura representa la naturaleza de las reacciones oxidación–reducción, en las cuales los electrones son donados desde el agente reductor al agente oxidante.

Así pues, una vez realizadas las actividades previas, nos plantearémos como objetivo en esta actividad agrupar las diferencias y las analogías entre las dos especies, haciendo especial hincapié en las diferencias, pues los estudiantes, ante sus carencias en el conocimiento de las reacciones de oxidación y reducción, tienden a confundirlo con la especie oxidada o reducida.

ACTIVIDAD 14

A) Completa la siguiente tabla, escribiendo las fórmulas de la especie oxidada y reducida, y observa cualquier cambio de color, formación de precipitados o desprendimiento de gas

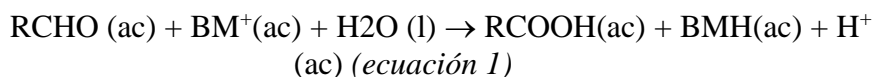
Oxidante	Especie que se reduce	Observaciones
MnO ₄ ⁻ en solución ácida		
MnO ₄ ⁻ en solución alcalina		
Cr ₂ O ₇ ²⁻ en solución ácida		
Agua de bromo		
H ₂ SO ₄ (concentrado)		
HNO ₃ (concentrado)		

ACTIVIDAD 15

Reacción 1– Ecuación el modelado de la transformación química entre la glucosa y la solución de azul de metileno.



- 1.1. Da la definición de un oxidante y un reductor.
- 1.2. Escribe la semirreacción electrónica de la forma oxidada de la reducción de $\text{BM}^+(\text{ac})$ de la nada metileno.
- 1.3. Escribe la ecuación media oxidación RCHO glucosa electrónica (ac).
- 1.4. Demostrar que la ecuación rédox entre la glucosa y la forma oxidada de color azul bromo timol es:

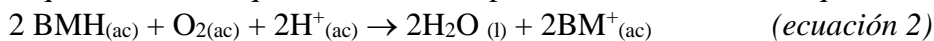


Esta reacción es lenta.

2. Interpretación de las observaciones:

Cuando se agita el matraz, parte del oxígeno del aire se disuelve en la solución y reacciona oxidación de la forma reducida de azul de metileno. Esta reacción es rápida.

- 2.1. Demostrar que la ecuación química a modelar para esta transformación química es:

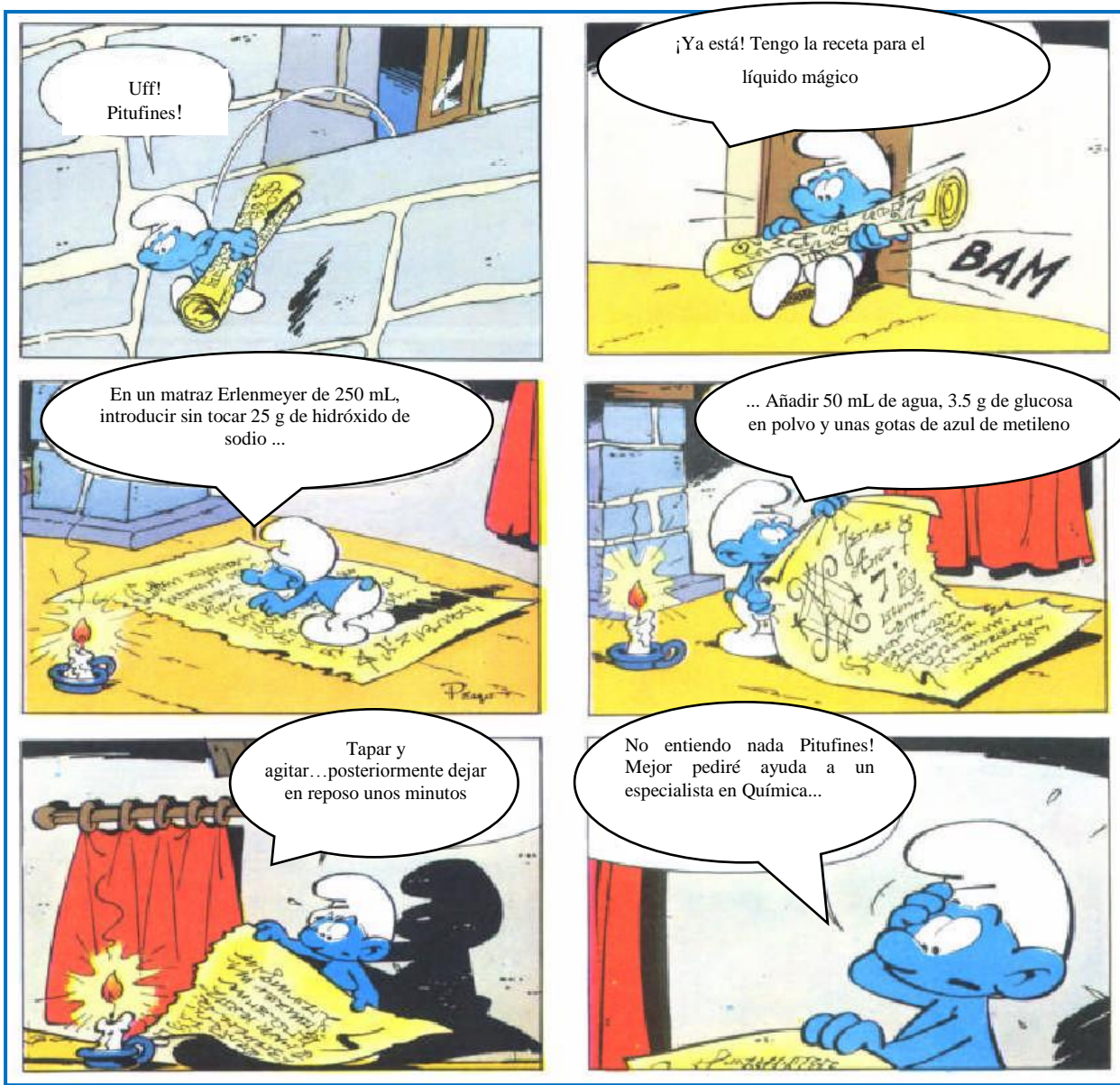


- 2.2. El uso de las características de las ecuaciones químicas 1 y 2 explican los cambios de color observados en el experimento y sus velocidades.

Parejas oxidantes / reductor implicado: $\text{BM}^+(\text{ac})/\text{BMH}_{(\text{ac})}$, $\text{O}_{2(\text{g})}/\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$ y $\text{RCOOH}_{(\text{ac})}/\text{RCHO}_{(\text{ac})}$

El líquido mágico

El curioso pitufo acaba de robar la receta de un líquido mágico al mago Gargamel. Este curioso pitufo necesita de tú ayuda para preparar este líquido mágico. Así que hay que volver a realizar la receta para que pueda prepararse el líquido y a su vez luego probarlo en lugar del curioso pitufo.



☞ **Comentario A15.** La única especie de color en la mezcla de reacción es la forma oxidada del azul de metileno que da una coloración azul. Se denota BM^+ (ac). La forma reducida de azul de metileno se observa BMH (ac). En las condiciones del experimento, la glucosa es una reducción de la reducción de la azul de metileno. Se reconocerá que se alimenta en un gran exceso de los otros reactivos. La glucosa se observó $RCHO$ (ac).

Lección 4: Serie de actividad de los metales

Los metales son tan necesarios hoy día que nos resultaría casi imposible imaginar el mundo sin ellos. La utilidad de los metales radica en que poseen las siguientes propiedades: todos son brillantes, son deformables, hay metales resistentes a las tensiones, algunos metales son duros, todos son buenos conductores de la electricidad y del calor, la mayoría tiene puntos de fusión altos y normalmente son muy densos.

Las aplicaciones de esta ordenación de los elementos pueden resumirse en:

- ✓ Cuanto más arriba esté el metal en dicha serie, tanto más reductor será y, por tanto, menos oxidante. Por el contrario, cuanto más abajo esté, más oxidante será (y menos reductor).
- ✓ Sólo los metales que están por encima del hidrógeno reaccionan con los ácidos desprendiendo hidrógeno gaseoso.

Así, puesto que el calcio esté por encima del hidrógeno en la tabla, sabemos que reaccionará con los ácidos, siendo su reacción con el ácido clorhídrico: $2 \text{HCl} + \text{Ca} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2$. La plata no reaccionará con el ácido clorhídrico, ya que esté debajo del hidrógeno en la tabla. Por tanto, no se dará esta reacción: $2 \text{HCl} + 2 \text{Ag} \rightarrow 2 \text{AgCl} + \text{H}_2$. También es posible deducir si una reacción es posible: $\text{Zn} + \text{PbSO}_4 \rightarrow \text{Pb} + \text{ZnSO}_4$

Para ello hay que identificar al oxidante y al reductor: $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$ oxidación; $\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}$ reducción. Esto significa que el cinc es más reductor que el plomo, puesto que aquél es el que se oxida. Como esto esté de acuerdo con la tabla de la serie de actividad, en la que aparece el cinc como más reductor que el plomo, la reacción sí es posible. En cambio, la reacción red-ox: $2 \text{Ag} + \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{Na} + \text{Ag}_2\text{SO}_4$ no es posible, ya que en ella la plata se ha oxidado y el sodio se ha reducido, lo cual significará que el primer metal es más reductor que el segundo, y esto se contradice con la ordenación de la tabla.

Ejemplo

Teniendo en cuenta la **serie de reactividad**, predice cuáles de las siguientes reacciones se producirán. Completa e iguala la ecuación química en los casos en que proceda, añadiendo los nombres de los productos.

Discute con tus compañeros el criterio general que vas a emplear para hacer la predicción.

Se producirán las reacciones cuando el metal libre sea más reactivo que el metal que está oxidado.

- I. $\text{Mg(s)} + \text{CuO(s)} \rightarrow \text{MgO(s)} + \text{Cu(s)}$
- II. $\text{Cu(s)} + \text{MgO(s)} \rightarrow$ La reacción no se produce
- III. $\text{Fe(s)} + \text{Na}_2\text{O(s)} \rightarrow$ La reacción no se produce
- IV. $6 \text{Na(s)} + \text{Fe}_2\text{O}_3\text{(s)} \rightarrow 3\text{Na}_2\text{O(s)} + 2\text{Fe(s)}$

ACTIVIDAD 16

Dibuje una flecha de una especie en cada uno de los vasos de precipitados de reactivo a otra especie en la sustancia reaccionante vaso de precipitados para mostrar cómo los electrones se transfirieron en la reacción.

Comentario A16:

The diagram illustrates nine pairs of beakers (A-I) showing redox reactions between metals and metal ions. Each pair shows the initial state on the left and the final state on the right, with arrows indicating the transfer of electrons from the metal to the metal ion.

- A:** Mg metal in Zn^{2+} solution reacts to form Zn metal and Mg^{2+} ions.
- B:** Mg metal in Al^{3+} solution reacts to form Al metal and Mg^{2+} ions.
- C:** Mg metal in Cu^{2+} solution reacts to form Cu metal and Mg^{2+} ions.
- D:** Al metal in Mg^{2+} solution; no reaction occurs.
- E:** Al metal in Zn^{2+} solution reacts to form Zn metal and Al^{3+} ions.
- F:** Al metal in Cu^{2+} solution reacts to form Cu metal and Al^{3+} ions.
- G:** Cu metal in Mg^{2+} solution; no reaction occurs.
- H:** Cu metal in Al^{3+} solution; no reaction occurs.
- I:** Cu metal in Zn^{2+} solution; no reaction occurs.

3.3 Balanceo de ecuaciones de oxidación y reducción

El cambio en el número de oxidación de los elementos involucrados en la reacción permitió esbozar un procedimiento para balancear ecuaciones, conocido como método del número de oxidación o como método del número de valencia o, simplemente, como método rédox.

ACTIVIDAD 17

EL CUENTO

El problema no químico en el que puede aplicarse la estrategia de los números de oxidación es una historia que hace años apareció en un libro de Butler y Grosser (1974):

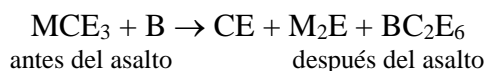
Transitaba por el desierto de Ormuz un cierto número de mercaderes, cada uno con un camello y tres esclavas, cuando vino el momento de plantar las tiendas y hacer una escala nocturna. Durante el silencio de la noche, varios bandidos asaltaron el establecimiento. En la confusión, algunas esclavas lograron escapar montadas cada una en un camello, pero el resto de la caravana sufrió el asalto. Cada bandido sacó como botín dos camellos y seis esclavas, dejando abandonados a su suerte en el desierto a los mercaderes, con una esclava (de las menos atractivas, por cierto) para cada par de ellos.

La pregunta que se hace respecto a la historia es: “¿Cuál es el número mínimo de mercaderes y bandidos que pudo haber participado en la aventura?”

✍ **ComentarioA17:** Lo primero que se le ocurre a un químico para resolver el problema es plantearlo químicamente, mediante la asignación de un símbolo para cada “elemento participante” y cada “especie”. En este cuento son los siguientes:

ELEMENTOS PARTICIPANTES	ESPECIES
M = mercader	MCE3: un mercader con un camello y tres esclavas
C = camello	B: bandido
E = esclava	CE: un camello y una esclava que escapan en la confusión
B = un bandido	M2E: dos mercaderes y una esclava abandonados en el desierto
	BC2E6: un bandido con su botín de dos camellos y seis esclavas

Puede entonces escribirse una representación del cuento de la siguiente forma condensada:



E4.1 La química del electrón en casa

Problema: Las concepciones alternativas que poseen los estudiantes a menudo muestran una mezcla en la definición de oxígeno para el proceso rédox con la de transferencia de electrones: esta mezcla de modelos resulta poco útil, desde el aspecto didáctico. Debido a la evolución histórica del concepto de oxidación y reducción, el modelo de transferencia de oxígeno a menudo se introduce a posterior a la enseñanza del tema de estructura atómica, para comenzar inmediatamente con explicaciones apropiadas basadas en la transferencia de electrones. Un ejemplo es la reacción del hierro con sulfato de cobre, en este caso, veremos cómo un clavo de hierro puede ser oxidado por iones Cu^{2+} presentes en solución.

Material: Tubos de ensayo; clavo de hierro, solución de sulfato de cobre.

Procedimiento: Llenar un tubo de ensayo de un tercio con una solución de sulfato de cobre; sumergir un medio clavo de hierro lijado en la disolución. Espere un minuto, sacar el clavo de la solución y rayar el depósito rojo en el clavo con una espátula.

Observación: La parte del clavo de hierro sumergido en la solución tiene un recubrimiento de color rojo: el cobre. Este revestimiento se puede quitar; el hierro sin cambios es fácilmente visible después del recubrimiento se ha eliminado. Debido a que el hierro es más reactivo que el cobre, lo desplaza para formar sulfato de hierro, formando depósitos de cobre en las barras de hierro y cambiando el color de la solución. Al extraer el cobre de la solución y volver a pesar las barras, hay una pérdida de masa.

E4.2 ¿Las reacciones rédox, pueden ser exotérmicas?

Problema: Si, además del experimento del clavo de hierro, se muestra la reacción de limadura de hierro o polvo de magnesio con la solución de sulfato de cobre, el calor de reacción puede ser determinado. Por otra parte, la solución azul se decolora en esta reacción de modo que, con la “desaparición” de iones de Cu^{2+} (ac), la discusión de la formación de átomos de Cu de los iones apropiados podría ampliarse.

Material: Tubos de ensayo, termómetro; limadura de hierro, polvo de magnesio, la solución de sulfato de cobre.

Procedimiento: Llenar dos tubos de ensayo a un tercio con una solución de sulfato de cobre. Añadir limadura de hierro al primer tubo de ensayo y polvo de magnesio al segundo.

Determinar la temperatura antes y después de que ambas reacciones ocurran usando un termómetro.

Observación: Las soluciones se ponen muy calientes; los metales están cubiertos con una capa de color rojo: cobre. El color de la solución cambia de azul a incoloro: mezcla de sulfato de cobre y solución de sulfato de plata.

E4.3 ¿Qué pasa si sumergimos cobre en nitrato de plata? La precipitación de plata

Problema: Se ha reconocido en el primer ejemplo, no es casual que la precipitación de cobre como metal esta tendencia está directamente relacionada con la facilidad con la que pierden sus electrones de valencia. Cuanto menor sea la energía de ionización del metal, mayor será su reactividad. Con este ejemplo adicional de precipitación de plata, se debe confirmar, que a partir de dos metales participantes, los metales más reactivos precipitan. Por esta razón, el alambre de cobre se sumerge en una disolución de nitrato de plata, y la plata se coloca en una solución de sal de cobre: ambas reacciones deben compararse.

Material: Tubos de ensayo, varilla de vidrio; alambre de cobre, solución de sulfato de cobre, cable de plata, la solución de nitrato de plata.

Procedimiento: Bobina un pedazo de alambre de cobre en forma de hélice u otra figura con varilla de vidrio, tomar la varilla de vidrio de distancia, colgar el cable de cobre en forma de hélice en una disolución de nitrato de plata y observar. Repita esta prueba con alambre de plata y una solución de sulfato de cobre.

Observación: cristales de plata se forman sobre el alambre de cobre; la solución del nitrato es incolora posteriormente obtiene un color azul claro: solución de nitrato de cobre. No hay reacción en el segundo experimento (ver serie de actividades de metales).

E4.4 Reacción de metales con ácido sulfúrico

Problema: los ácidos diluidos pueden disolver metales y producir hidrógeno y una solución de sal. En el caso de la reacción del magnesio con ácido sulfúrico diluido, se producen hidrógeno y sulfato de magnesio. Los ácidos concentrados disuelven demasiado rápido un metal; sin embargo, no se forma hidrógeno. En la reacción del ácido sulfúrico concentrado con zinc, el gas sulfuro de hidrógeno se produce el cual tiene un olor “a huevo podrido”. Por tanto, es

importante, en el caso del ácido sulfúrico para diferenciar entre el ácido puro a partir de la solución ácida diluida. Ambas reacciones son reacciones rédox.

Material: Tubos de ensayo, mechero bunsen; cinta de magnesio, polvo de zinc, ácido sulfúrico concentrado, alrededor de 2 M solución de ácido sulfúrico.

Procedimiento: (a) Llenar un tubo de ensayo a un tercio con solución de ácido sulfúrico, añadir unos 5 cm de longitud de la cinta de magnesio, y colocar un tubo de ensayo vacía del mismo tamaño en su parte superior. Después de la reacción, se realiza la prueba a la flama cerca del tubo de ensayo en la parte superior para poner a prueba el gas. Se evapora el agua con cuidado a partir de una pequeña parte de la disolución en el primer tubo de ensayo. (b) Llenar un segundo tubo de ensayo a una décima parte con ácido sulfúrico concentrado; añadir una punta de espátula de polvo de zinc. Examinar cuidadosamente el olor del gas producido.

Observación: (a) comienza un desarrollo burbujeo animada de gas, la solución en el tubo de ensayo se calienta, la pieza de magnesio disminuye en tamaño y se disuelve completamente. El gas en el segundo tubo de ensayo reacciona cerca de la llama con un especial sonido de "pop": hidrógeno. Los cristales de la sal blanca cristalizan después de la evaporación del agua: corresponde al sulfato de magnesio. (b) una pequeña cantidad de gas se puede observar, el gas tiene un olor peculiar: sulfuro de hidrógeno.

E4.5 Reacciones con otros metales

Problema: Con la ayuda de los experimentos anteriores, más hipótesis se producen en cuanto a que los metales reaccionan con soluciones de sales metálicas. Los metales pueden ser probados en tubos de ensayo; después, los metales están dispuestos en la serie de actividad para cada metal.

Material: Tubos de ensayo; varias tiras de metal o alambres, soluciones salinas adecuadas.

Procedimiento: Sumergir las piezas de metal sistemáticamente en diferentes soluciones de sal y prueba de reacciones. Registrar las reacciones positivas en forma de tabla.

Observación: metales relativamente menos reactivos como el cobre, níquel y el plomo se deposita a partir de sus soluciones en presencia de metales más activos como el magnesio, el zinc o el hierro

ANEXO 2: Artículo de discusión

“ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE FLUORURO EN AGUA POTABLE DE LA DELEGACIÓN TLÁHUAC, CIUDAD DE MÉXICO”

La escasez del agua ha propiciado el desarrollo de grandes obras subterráneas para la explotación de los mantos acuíferos. La contaminación por fluoruros en agua destinada al consumo humano es un problema relevante a nivel mundial. El límite máximo de concentración de fluoruro que establece la OMS es de 1ppm, aunque dicho valor depende de las características de cada lugar (OMS 2004). En el caso de México, el límite máximo de fluoruro en agua es de 0.7 ppm; cuando las concentraciones sobrepasan este valor, no se debe consumir sal yodada-fluorada, de acuerdo con la norma NOM-013-SSA2-2006 (SSA 2007).

Cuando el agua atraviesa los suelos por percolación disuelve diversos compuestos, entre ellos los de flúor, lo que resulta en concentraciones de fluoruro en los acuíferos, mismas que incrementan en presencia de cesio, litio, cloro, bromo y en aguas termales y subterráneas (Ortega-Guerrero 2009). La composición del agua subterránea está determinada principalmente por su tiempo de residencia en el acuífero y por las características de los materiales por donde circula, así como por la presencia de iones. La calidad del agua subterránea para consumo humano está en función de la salinidad, dureza, concentración de hierro o anhídrido sulfhídrico y la presencia de compuestos potencialmente dañinos para la salud, como fluoruro, arsénico, plomo, cromo y manganeso, entre otros (Moore *et al.* 2005).

El flúor es un ion de alta electronegatividad, abundante en la corteza terrestre; comúnmente se encuentra asociado y forma fluoruros en rocas. El mineral de fluoruro más común en la corteza terrestre es el espato flúor, que contiene fluorita o fluoruro de calcio, criolita y apatita; generalmente es un compuesto de calcio, fluoruro, carbonatos y sulfatos (Trejo-Vázquez *et al.* 1997). Se ha reportado que el flúor es un elemento altamente reactivo en combinación iónica o covalente con algunos elementos; se presenta principalmente en rocas ígneas y suelos alcalinos. La fluorita es el compuesto de mayor disponibilidad, el cual está en granito, gneiss y pegmatita. La concentración de fluoruro en el agua de un acuífero depende de varios factores, entre los que destacan concentración de flúor en el mineral, descomposición, disociación, disolución, tiempo de residencia y cinética de la reacción química. Algunos estudios indican que la solubilidad del fluoruro en el agua difiere según el tipo de roca (Saxena y Ahmed 2000).

El fluoruro se encuentra principalmente en el agua potable, la sal y en bebidas embotelladas, que constituyen las fuentes principales para el consumo humano. Por otra parte, se puede encontrar en menores concentraciones en alimentos y en múltiples productos utilizados para la higiene bucal. Cabe mencionar que a partir de la década de los ochenta, los dentífricos presentan altas concentraciones de fluoruro para su empleo en la población infantil (Mascarenhas y Burt 1998).

Se ha reportado que más de cinco millones de habitantes en México están crónicamente expuestos a elevadas concentraciones de fluoruros a través del agua para uso y consumo humano (Díaz-Barriga *et al.* 1997a). La exposición crónica a concentraciones de fluoruro en agua mayores a 1 ppm provoca diversos padecimientos en el organismo, como fluorosis dental y esquelética (DenBesten 1999), mayor susceptibilidad a enfermedades renales y cáncer, así como afectación en el desarrollo del cerebro y la reducción del coeficiente intelectual de niños en edad escolar (Wang *et al.* 2007).

Se ha encontrado fluorosis dental en varias zonas del norte y centro de la República Mexicana, en los estados de Aguascalientes (Hernández–Montoya *et al.* 2003), Jalisco (Pérez–Patiño *et al.* 2007), Chihuahua, Durango, Tamaulipas y Baja California donde la concentración de fluoruro en agua es superior a 0.7 ppm (Díaz–Barriga *et al.* 1997b). Por otra parte, se ha documentado fluorosis dental en zonas donde la concentración de fluoruro en agua es baja debido a la disponibilidad de otros productos como dentífricos, medicamentos, bebidas embotelladas y comestibles (Trejo–Vázquez y Bonilla–Petriciolet 2001).

En la Ciudad de México y el área metropolitana se ha detectado recientemente un incremento en los casos de fluorosis dental, incluso en zonas donde se considera que el agua potable tiene concentraciones bajas de fluoruro (Molina–Frechero *et al.* 2007). En particular, en el municipio de Nezahualcóyotl se reportó la prevalencia de fluorosis dental de 73.4 % en poblaciones donde el agua de la red presenta niveles bajos de fluoruro; lo anterior se debe al consumo de bebidas que son transportadas de regiones donde el agua presenta concentraciones superiores a las establecidas por la norma (Galicia–Chacón *et al.* 2009).

Las autoridades mexicanas, a través de la normatividad PROY–NOM–040–SSA1–2000, señalaron la conveniencia de reducir la concentración óptima de fluoruro de 1 a 0.7 ppm, bajo la consideración de que el clima cálido aumenta el consumo de bebidas (SSA 2000). La Secretaría de Salud recomienda que la población no use sal fluorada en zonas donde la concentración de fluoruro en agua sobrepasa 0.7 ppm, debido a que la ingesta de concentraciones superiores a 1 ppm deriva en fluorosis, que se manifiesta principalmente en dientes y huesos (DenBesten 1999).

En la última década, en la República Mexicana se han reportado concentraciones altas de fluoruros en agua, principalmente en los estados del norte y centro del país, entre los que destacan Chihuahua (Rodríguez–Dozal *et al.* 2005), Durango (Alarcón–Herrera *et al.* 2001) y Aguascalientes (Bonilla–Petriciolet *et al.* 2002).

En la Ciudad de México, Hernández–Guerrero *et al.* (2005) realizaron un estudio sobre la concentración de fluoruro en el agua de algunas delegaciones, sin incluir la de Tláhuac. Por tanto, se consideró importante realizar el análisis en esta zona, teniendo como antecedente la carencia de datos de las concentraciones de fluoruros en el agua para consumo humano en dicha delegación. El propósito de este trabajo es conocer la procedencia y determinar las concentraciones de fluoruro en agua potable de la delegación con el fin de evitar la sobreexposición a fluoruros en la población y prevenir el desarrollo de fluorosis dental.

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37020721001>

OROPEZA OROPEZA, Anastacio, JUÁREZ LÓPEZ, Lilia, MOLINA FRECHERO, Nelly, GALICIA CHACÓN, Luis, GAONA, Enrique, ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE FLUORURO EN AGUA POTABLE DE LA DELEGACIÓN TLÁHUAC, CIUDAD DE MÉXICO. Revista Internacional de Contaminación Ambiental [en línea] 2011, 27 (Sin mes)

ANEXO 3: ACTIVIDADES DE LÁPIZ Y PAPEL

Con la siguiente actividad comenzamos una serie de ellas, que aparecerán en diferentes momentos del desarrollo del programa de actividades, que son ejercicios de aplicación, (“actividades de aplicación”) cuyos objetivos son, en general, analizar si todos los conceptos trabajados en las actividades previas, están bien “asentados” entre los estudiantes, es decir si han llegado a adquirir un conocimiento significativo de los mismos, y si aquéllos son capaces de manejarlos en situaciones de problemas “aplicados”. Evidentemente otro objetivo que subyace en toda esta estrategia didáctica, es el de realizar las actividades en las que los estudiantes puedan aplicar las principales características de la metodología científica.

I: Use este ejercicio de repaso para comprobar su comprensión de los conceptos y términos que se introducen en esta sección. Cada espacio en blanco se puede completar con un término, frase corta, o un número.

El número de oxidación de un elemento en un estado sin combinar es (1). El número de oxidación de un ion monoatómico es el mismo en magnitud y (2) como su iónico (3). La suma de los números de oxidación de los elementos en un compuesto neutro es (4). En un ion poliatómico, sin embargo, la suma es igual a la (5). Los números de oxidación ayudan a mantener un registro de (6) de transferencia en las reacciones rédox. Un aumento número de oxidación es de (7), mientras que una (8) es la reducción.

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____
8. _____

II. Relacione el número de oxidación del nitrógeno de cada fórmula en la **columna B** con el número de oxidación correcto en la **columna A**.

Columna A	Columna B
_____ 17. -3	a. N ₂
_____ 18. -2	b. HNO ₃
_____ 19. -1	c. NO
_____ 20. 0	d. NH ₂ OH
_____ 21. +1	e. NH ₃
_____ 22. +2	f. N ₂ O ₃

_____ 23. +3

g. N₂O

_____ 24. +4

h. N₂H₄

_____ 25. +5

i. NO₂

Lectura

Conservación de los alimentos

Los agentes oxidantes y reductores son importantes en el procesamiento y preservación de los alimentos. Las reacciones de oxidación en los alimentos son particularmente problemáticas. Estas reacciones son responsables de que las frutas y verduras se pongan marrones y en el caso de los vinos estropean cuando se expone al aire. La comprensión de las reacciones de oxidación y reducción ha permitido a los científicos desarrollar aditivos alimentarios que inhiben estas reacciones o bien reduzcan sus efectos.

La idea de la adición de sustancias a los alimentos para conservar el sabor y el color, así como para prevenir el deterioro, no es nueva. Durante siglos la gente ha ahumado y salado sus alimentos para inhibir el crecimiento bacteriano. Otros métodos de preservación de alimentos incluyen el "curado" mediante la adición de ácido acético o ácido láctico y la adición de nitratos a los productos cárnicos ha estado en uso desde la antigüedad. La adición de sulfatos al vino para evitar la oxidación se inició por los egipcios y los romanos y sigue siendo la práctica hasta nuestros días.

Muchos jugos de frutas se vuelven marrones cuando se expone al aire. Mientras que el color marrón no es peligroso para la salud, hace que sea poco apetecible a primera vista. La exposición de los zumos de frutas y frutos secos a gas de dióxido de azufre, un *agente reductor*, el cual impide la reacción de oxidación que convierte estos alimentos más oscuros. El inconveniente de utilizar el dióxido de azufre es que es ligeramente tóxico e irritante. Aunque el dióxido de azufre se disipa antes de la compra de los frutos, algunos consumidores se han preocupado por el uso de dióxido de azufre y sólo compran productos libres de este gas. Puesto que el dióxido sulfure destruye la tiamina (vitamina B₁), el uso del dióxido de azufre se ha restringido en carnes y otros alimentos que son fuentes de esta vitamina.

Para la conservación de algunos alimentos se utilizan los llamados antioxidantes. Los antioxidantes son agentes que evitan la oxidación y reduciendo. La oxidación de los productos grasos y aceites provocan que estos productos se transformen rancios a través de la producción de ácidos grasos. La vitamina C, ácido ascórbico, es comúnmente utilizado como agente reductor soluble en agua. En grasas y aceites, los agentes reductores más utilizados son BHA (butilhidroxianisol), y el BHT, Butil hidroxitolueno.

Aunque las reacciones rédox no se pueden detener por completo, pueden ser retardadas. El uso de dióxido de azufre, ácido ascórbico, BHA, BHT continuará en un esfuerzo para aumentar la vida útil de los alimentos. Las investigaciones futuras pueden llegar a descubrir conservantes adicionales.

Pensamiento crítico

1. ¿Por qué crees que una manzana se oxida más rápido una vez que se corta? (Hacer inferencias)

2. ¿Por qué crees que las manzanas se vuelven marrones al ser cortadas en rodajas en comparación con las rodajas de las toronjas? (Conclusiones)

La oxidación y reducción.

III. En tu cuaderno, resuelva los siguientes problemas.

Determinar que se oxida y que se reduce en cada una de las reacciones. Identificar el agente oxidante y el agente reductor.

Ecuación química	Especie que se oxida	Especie que se reduce	Agente oxidante	Agente reductor
1. $2\text{Sr} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SrO}$				
2. $2\text{Li} + \text{S} \rightarrow 2\text{Li}_2\text{S}$				
3. $2\text{Cs} + \text{Br}_2 \rightarrow 2\text{CsBr}$				
4. $3\text{Mg} + \text{N}_2 \rightarrow \text{Mg}_3\text{N}_2$				
5. $4\text{Fe} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3$				
6. $\text{Cl}_2 + 2\text{NaBr} \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{Br}_2$				
7. $\text{Si} + 2\text{F}_2 \rightarrow \text{SiF}_4$				
8. $2\text{Ca} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CaO}$				
9. $\text{Mg} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$				
10. $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2$				

IV. Los números de oxidación

1. Indica el número de oxidación para cada tipo de átomo o ion.

- | | | | |
|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| a. Sn | c. S^{2-} | e. Se | g. Sn^{4+} |
| b. K^+ | d. Fe^{3+} | f. Mg^{2+} | h. Br^- |

2. Determina el número de oxidación del cromo en cada uno de los siguientes compuestos.

- | | | | |
|----------------------------|--------------------------------------|--------------------|------------------------|
| a. Cr_2O_3 | b. $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ | c. CrSO_4 | d. CrO_4^{2-} |
|----------------------------|--------------------------------------|--------------------|------------------------|

3. Use los cambios en el número de oxidación para determinar cuáles elementos están oxidados y cuales están reduciéndose en estas reacciones.

- $\text{C} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{HNO}_3 + \text{HI} \rightarrow \text{NO} + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{KMnO}_4 + \text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{KCl}$
- $\text{Sb} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Sb}_2\text{O}_5 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$

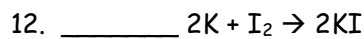
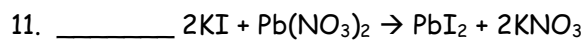
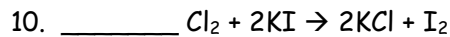
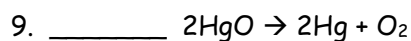
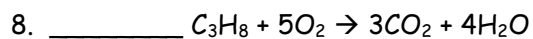
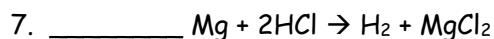
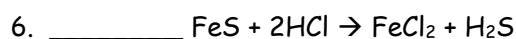
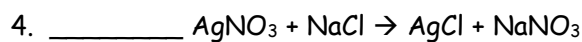
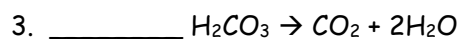
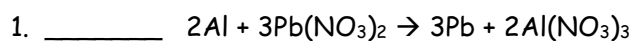
4. Para cada una de las anteriores reacciones, identifica el agente oxidante y el agente reductor.

V. Identificación del tipo de reacciones

Clasifica cada reacción química como de síntesis, descomposición, sustitución simple, doble sustitución o reacción de combustión y el código de la reacción de acuerdo con la siguiente clave para "hacer llegar el mensaje".

Código	Reacción de síntesis: "E", Reacción de descomposición: "A", Reacción de sustitución simple: "Y", Reacción de doble sustitución: "B", Reacción de combustión: "M"
---------------	--

Código



VI. Número de oxidación de acuerdo al grupo en la tabla periódica

1. Completa la siguiente tabla para los elementos indicados

Grupo y elemento	Configuración electrónica	Numero de electrones en la última capa	Electrones que puede ganar o perder	Numero de oxidación
Grupo 1 Li Rb				
Grupo 2 Mg Ba				
Grupo 13 Al Ga				
Grupo 14 C Pb				
Grupo 17 Cl I				
Grupo 18 Ne Kr				

2. En general, qué relación existe entre el número de electrones de la última capa y el número de oxidación de los elementos para cada uno de los siguientes grupos:

- Grupo 1, 2 y 13:
- Grupo 15, 16 y 17:
- ¿Cómo se puede predecir el número de oxidación por medio de la configuración electrónica?
- ¿A partir de que subnivel los elementos del grupo alcalinos y alcalinotérreos tienden a perder electrones?
- ¿A partir de que subnivel los metales de transición tienden a perder electrones? ¿Porque estos metales tienden a tener más de un numero de oxidación?

3. Indica el número de oxidación para los siguientes elementos:

a) K

c) Sr

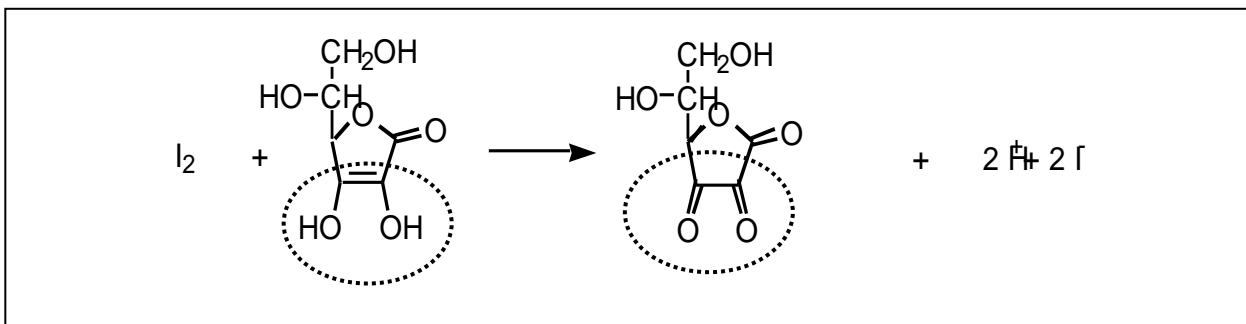
b) Ca

e) P

Los antioxidantes, vitamina C

A un volumen dado de agua se a—aden unas gotas de tintura de yodo. Observe el color de la soluci—n. Si a esa soluci—n se le

a—aden unas gotas de soluci—n de Vitamina C, ocurre la siguiente reacci—n:



en un doble enlace se comparten 2 pares de electrones. Note que en la tabla solo aparece la parte de la molécula de vitamina C involucrada en la transferencia de electrones (aparece circulada en la molécula original).

Reactivos / Productos	No. de oxidación de los carbonos enlazados a oxígeno	No. de oxidación de yodo	Agente Oxidante	Agente Reductor
			/	/

A juzgar por los cambios en No. de oxidación, ¿cuántos electrones se transfieren en este proceso?

En relación a la actividad con Vitamina C, indique cuánto coincide usted con las premisas que se presentan en la columna a la izquierda en la siguiente tabla.

2: Coincido completamente (completamente de acuerdo)

1: Coincido Parcialmente (parcialmente de acuerdo)

0: No coincido (en total desacuerdo)

Premisa	Grado de Coincidencia	Comentarios
Pude determinar los números de oxidación de vitamina c y de yodo luego de haber participado en la discusión de las primeras dos actividades demostrativas		
Pude identificar el agente oxidante y el agente reductor		
Pude determinar el número de electrones transferidos en el proceso		
Después de haber hecho esta actividad, siento que puedo determinar cambios en el número de oxidación en cualquier reacción rédox que involucre moléculas orgánicas.		

ANEXO 4: EXPERIMENTOS PARTE A

Nota: Experimento de demostración realizada por el PROFESOR.



QUÍMICA II

Nombre: _____ Grupo: _____

Prof. Miguel Angel Rodriguez Meza

Responde a las siguientes preguntas con base en la experiencia demostrada.

Experimento I: $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$

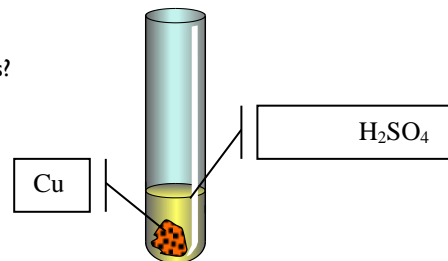
1. ¿Cuáles son los colores y los estados de agregación de los siguientes elementos?

- (a) Cobre
- (b) Hidrógeno
- (c) Azufre
- (d) Oxígeno

2. ¿Cuál es el color y estado de las siguiente sustancias?

- (a) El cobre (Cu)
- (b) El ácido sulfúrico (H_2SO_4)

3. ¿Qué crees que ocurrirá si añades virutas de cobre en el ácido sulfúrico? ¿Por qué?



Introducción de la viruta de cobre en el tubo de ensayo con ácido sulfúrico.

4. ¿Hay cambios significativos, por ejemplo, olor característico, producción de gas, cambios de color?

Vamos a calentar la reacción y observamos si ocurre algún cambio significativo. ¿Ocurre alguno?

5. En caso afirmativo, ¿cuáles son?

6. Ahora en cuanto a la reacción, ¿qué es lo que tenemos ahora, es decir que productos se formaron?

7. ¿Es esta reacción espontánea o no espontánea? Explica tu respuesta.

8. ¿Es esta una reacción que libera calor? Explica tu respuesta.

9. Complete y balancee la ecuación química anterior incluyen las fases.

ANEXO 5: EXPERIMENTOS PARTE B

Experimento realizado por los ESTUDIANTES.



QUÍMICA II

Nombre: _____ Grupo: _____

Prof. Miguel Angel Rodriguez Meza

Responde a las siguientes preguntas con base en la experiencia demostrada.

Experimento 2: $\text{Cu} + \text{HNO}_3 \rightarrow$

1. ¿Cuáles son los colores y las fases de los siguientes elementos?

- a. Cobre (Cu):
- b. Hidrógeno (H):
- c. Nitrógeno (N):
- d. Oxígeno (O):

2. ¿Cuál es el color y estado físico de los reactivos?

- a. Cobre (Cu):
- b. Ácido nítrico (HNO_3):

3. ¿Qué crees que ocurrirá si se agregan las virutas de cobre en el ácido nítrico y por qué?

Cuando ponemos en contacto ácido nítrico (que es un líquido incoloro) con el cobre (que es un sólido), al final tenemos un líquido de color verde y se desprende un humo de color marrón.



ACIDO NITRICO



COBRE



4. ¿Hay cambios significativos, por ejemplo, olor característico, producción de gas, cambios de color?

Vamos a calentar la reacción y observamos si ocurre algún cambio significativo. ¿Ocurre alguno?

5. En caso afirmativo, ¿cuáles son?

6. Ahora en cuanto a la reacción, ¿qué es lo que tenemos ahora, es decir que productos se formaron?

7. ¿Es esta reacción espontánea o no espontánea? Explica tu respuesta.

8. ¿Es esta una reacción que libera calor? Explica tu respuesta.

9. Complete y balancee la ecuación química anterior incluyendo los estados de agregación de la materia.

ANEXO 6: EVALUANDO LOS CONOCIMIENTOS



QUÍMICA II

Nombre: _____ Grupo: _____

Prof. Miguel Ángel Rodríguez Meza

Pregunta 1

1.1 Para cada uno de los siguientes fenómenos mencionados, indican la naturaleza de la naturaleza de la reacción mediante la escritura: ácido–base; rédox; precipitación y de disociación.

- (A) solución de ácido clorhídrico en cloruro de sodio _____
- (B) la lámina de zinc se coloca en ácido clorhídrico _____
- (C) La formación de óxido en lámina de hierro _____
- (D) la combustión del petróleo _____
- (E) la corrosión de metales _____
- (F) El cambio de color de un corte de manzana _____
- (G) Un clavo en el blanqueo del agua _____
- (H) El cloruro de sodio en agua _____
- (I) Un palo de ebonita frotó _____
- (J) Limpieza de latón con Brasso _____
- (K) La respiración _____
- (L) La fotosíntesis _____

Pregunta 2

Utilizar las palabras proporcionadas para completar este párrafo: electronegatividad; positivo; protón; reducción; oxidado; electrones; rédox; negativo; valencia; oxidante; reducido.

Durante una reacción los _____ se intercambian o comparten. Si el reactivo que los transfiere es un metal, este se convertirá en un ion _____. Si el reactivo que los aceptó es un no metal, se convertirá en un ion _____. El reactivo que los transfiere o acepta depende de su _____ y la proporción con la que estos reactivos se combinan depende de su _____. Este fenómeno se conoce como _____. reacción. El reactivo que los transfiere se llama _____ y el que los acepta es _____. La oxidación se produce en el agente _____ resultando en un _____ en el número de oxidación. En una reacción de oxidación y reducción, mayor es el potencial de electrodo mayor es la _____ fuerza.

Pregunta 3

3.1 Describe lo que se sucedería en las siguientes situaciones, y escribe la ecuación química en cada caso.

- (a) El hierro se deja caer en una solución de sulfato de cobre
- (b) El zinc se deja caer en una solución de ácido clorhídrico
- (c) El cobre se deja caer en una solución de nitrato de plata
- (d) El cobre se deja caer en una solución de cloruro de sodio

3.2.1 ¿Cuál de las siguientes ecuaciones representan las reacciones de oxidación–reducción? Justifica tu respuesta:

- (a) $2\text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{MgO}$
- (b) $\text{Mg} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$
- (c) $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$
- (d) $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

3.2.2 A partir de la ecuación que se ha elegido en el punto 2.1, identificar el

- (A) agente oxidante:
- (B) agente reductor:

3.2.3 Escribe la siguiente ecuación de palabras en fórmulas.

El cobre y ácido nítrico concentrado produce nitrato e cobre, agua y el dióxido de nitrógeno


3.2.3.1 Identificar y escribir las semirreacciones:

a. oxidación

b. reducción

c. Ecuación Neta

ANEXO 7. LA PERCEPCIÓN DE LOS ESTUDIANTES SOBRE EL TEMA DE REACCIÓN DE OXIDACIÓN Y REDUCCIÓN

	
Nombre: _____	Grupo: _____
<i>Prof. Miguel Ángel Rodríguez Meza</i>	

Por favor marque (✖) la casilla correspondiente de acuerdo a su opinión, de una breve justificación de su respuesta.

1. La forma en que se presentó el tema fue interesante, y permitió comprender cómo se producen las reacciones. *ACUERDO* *DESACUERDO*


2. Puedo identificar una reacción rédox y las semirreacciones con facilidad.

ACUERDO *DESACUERDO*

3. Los experimentos me ayudaron a tener una mejor comprensión de los conceptos.

ACUERDO *DESACUERDO*

ANEXO 8. CUESTIONARIO DE PARA CONOCER LA PERCEPCIÓN DE LOS ESTUDIANTES EN RELACIÓN AL TRABAJO EXPERIMENTAL.

	
Nombre: _____	Grupo: _____
<i>Prof. Miguel Ángel Rodríguez Meza</i>	

Por favor marque la casilla correspondiente de acuerdo a su opinión, dar una breve explicación de la misma.

Muy de acuerdo (3) De acuerdo (2) En desacuerdo (1)

Responder el cuestionario fue agradable			
Responder el cuestionario fue muy fácil			
Responder el cuestionario me ayudó a comprender mejor el tema			
Haciendo el experimento me ayudó a contestar el cuestionario con facilidad			
Responder el cuestionario no me ha ayuda a comprender mejor el tema			
Respondiendo al cuestionario sobre mi propia ayudó a entender mejor			
He encontrado útil la discusión de grupo			
No podría haber respondido al cuestionario por mí mismo			
Prefiero contestar el cuestionario de preguntas largas que necesitan una respuesta larga			
La respuesta a una pregunta abierta puede ser engañoso.			
El cuestionario me ayuda a tener una mejor idea de lo que necesito reforzar			
El cuestionario es útil para revisar el tema			

Comentarios:

ANEXO 9. CUESTIONARIO PARA MEDIR LA ACTITUD DE LOS ALUMNOS DEL GRUPO EXPERIMENTAL HACIA EL APRENDIZAJE DEL CONCEPTO DE OXIDACIÓN Y REDUCCIÓN CON LA NUEVA PROPUESTA.



Nombre: _____ Grupo: _____

Prof. Miguel Angel Rodriguez Meza

Las respuestas a este cuestionario nos van a servir para hacer una reflexión sobre el tratamiento y la metodología seguida para el aprendizaje de la visualización y para mejorarla en los cursos siguientes, por eso debemos contestarlo con sinceridad.

El cuestionario consta de tres apartados, en cada uno de los cuales aparecen varias afirmaciones. Léelas detenidamente antes de responder, y luego puntúa de 0 a 10 cada una de ellas según tu grado de acuerdo o desacuerdo con lo que dicen, empleando la siguiente escala:

Totalmente de acuerdo:	de 8 a 10
De acuerdo:	de 6 a 7
Indiferente:	5
En desacuerdo:	de 3 a 4
Totalmente en desacuerdo:	de 0 a 2

Apartado 1. Sobre los contenidos trabajados y los materiales utilizados.

1. La cantidad de contenidos ha sido adecuada.
2. Los contenidos eran adecuados, en cuanto a dificultad, para mi nivel de conocimientos.
3. El modelo de resolución de problemas trabajado sirve de guía para iniciarse en la resolución de los mismos.
4. La utilización del trabajo de laboratorio como herramienta didáctica para el aprendizaje de la visualización es necesario y sirve de ayuda para comprender mejor las reacciones propuestas.
- 5.-Los materiales que ha facilitado el profesor son de calidad.

Valoración global del apartado 1.

Si consideras conveniente hacer algún comentario o valoración global sobre este apartado, hazlo aquí.

Apartado 2. Metodología de enseñanza

1. El método de enseñanza fue adecuado a los contenidos.
2. En clase se dieron las condiciones necesarias para que los estudiantes pudieran aprender.
3. Las actividades propuestas en clase eran adecuadas y estaban bien organizadas para un aprendizaje gradual del tema.
4. Se hacían puestas en común que ayudaban a orientar la resolución de las actividades, clarificar las soluciones, y a detectar deficiencias y errores de razonamiento o conceptuales.
5. En el aula había un buen clima de trabajo y se fomentaba la participación.
6. La forma de trabajo había sido previamente discutida con los alumnos.
7. La realización de trabajos individuales en casa, y su corrección y valoración individualizada por parte del profesor, permite conocer la evolución del alumno y su grado de asimilación.
8. El sistema de evaluación seguido es adecuado.

Valoración global del apartado 2.

Si consideras conveniente hacer algún comentario o valoración global sobre este apartado, hazlo aquí.

Apartado 3. Sobre tu grado de satisfacción global.

1. Las clases de este tema han conseguido atraer mi interés.
2. Creo que debería haber menos horas de clase de esta materia.
3. La realización de experimentos en el laboratorio me ha motivado para seguir las clases con más interés.

Valoración global del apartado 3.

Si consideras conveniente hacer algún comentario o valoración global sobre este apartado, hazlo aquí.

ANEXO 10. EVALUACIÓN PARTE 2



QUÍMICA II

Nombre: _____ Grupo: _____

Prof. Miguel Ángel Rodríguez Meza

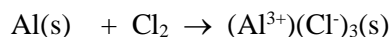
Esta prueba tiene como objetivo averiguar cuáles son tus ideas sobre las cuestiones que se preguntan, te ruego que pongas el mayor interés en contestar después de haberlas leído con cuidado. Puedes utilizar todo el tiempo que necesites y si no la entiendes puedes preguntar al profesor.

Pregunta 1. Define los conceptos de oxidación y reducción.

Oxidación:

Reducción:

Pregunta 2. Escribe y ajusta la siguiente reacción redox



Pregunta 3. Añade los electrones en el lado derecho para las siguientes semirreacciones:

- a) $\text{K} \rightarrow \text{K}^+$
- b) $\text{Br}_2 \rightarrow 2 \text{Br}^-$
- c) $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$

Pregunta 4. Escribe las medias reacciones y balance las siguientes ecuaciones.

- a) $\text{Cd} + \text{Ag}^+ \rightarrow \text{Cd}^{2+} + \text{Ag}$
- b) $\text{Mg} + \text{N}_2 \rightarrow (\text{Mg}^{2+})_3(\text{N}^{3-})_2$

Pregunta 5. Indica los estados de oxidación de todos los átomos en los siguientes compuestos, moléculas o iones.

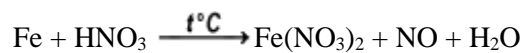
- a) MnO_2
- b) O_2
- c) C
- d) NH_4^+
- e) SO_4^{2-}

Pregunta 6. Determina el número de oxidación para el nitrógeno en los siguientes compuestos: NO , NO_2 y N_2O . Indica si es el mismo valor o es diferente.

Sí No

Justifica tú respuesta:

Pregunta 7. Balancea la siguiente reacción por el método del número de oxidación. Indica paso a paso cómo hacerlo.



Pregunta 8. ¿Qué método prefieres utilizar al balancear las reacciones redox, y por qué?

Método del número de oxidación

Método del ión electrón

Respuesta: _____
