

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE EDUCACIÓN



TESIS

**ESTRATEGIAS DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS
POR DESCUBRIMIENTO GUIADO EN LA QUÍMICA:
UN ESTUDIO SOBRE SU INFLUENCIA EN EL
RENDIMIENTO ACADÉMICO DE LOS
ALUMNOS DE SECUNDARIA
DEL COLEGIO UNIÓN**

**Tesis para optar el Grado Académico de Magíster Educación con
mención en Investigación y Docencia Universitaria**

Por

Nelly Salinas Zapata

Lima – 2007

A mis hijos Raúl Christian, Erika Inés y Cynthia Carol, por sus apoyos incondicionales.

A mi esposo Raúl Acuña Casas, por haberme inculcado la ética del trabajo y superación.

A mis alumnos del Colegio Unión de Ñaña a los cuales quiero y recuerdo.

AGRADECIMIENTO

Al Magíster Alfonso Paredes Aguirre, quien como asesor, colaboró con indicaciones y aportes que tuvieron particular relevancia en la elaboración de la presente investigación.

También, al Dr. Salomón Vásquez Villanueva por sus valiosas sugerencias y recomendaciones para mejorar el informe final.

Finalmente, agradecer el apoyo y asistencia en la edición de la presente tesis a Moisés Cotacallapa Vilca.

RESUMEN

El propósito del presente trabajo de investigación, fue aplicar un diseño experimental con el objeto de comparar el efecto en el rendimiento académico del nuevo tratamiento de solución de problemas de química a través de estrategias por descubrimiento con el tratamiento tradicional de memorización y mecanización, ambos ensayados en los alumnos del tercer grado de secundaria del Colegio Unión de Ñaña – Año académico 2006.

Se inició tomando una prueba diagnóstico que incluyó 20 preguntas que evaluaron la aplicación de las diferentes estrategias de solución por descubrimiento: Estrategias de comprensión y formas de representación, estrategias heurísticas de investigación y estrategias algorítmicas.

Dedicamos el primer capítulo de este trabajo al planteamiento del problema de investigación, los objetivos, la justificación, las limitaciones y los estudios antecedentes, entre otros aspectos.

En el segundo capítulo nos ocupamos de los fundamentos teóricos involucrados en la investigación tales como la enseñanza por descubrimiento, técnicas didácticas por descubrimiento, la medición del rendimiento académico y la guía de solución de problemas de química utilizando las estrategias por descubrimiento. Para los procesos algorítmicos se acompañan los respectivos diagramas de flujo.

Finalmente, en los capítulos tercero y cuarto, respectivamente, se exponen claramente los aspectos metodológicos de la investigación, la planeación y validación de los instrumentos utilizados, y el análisis de los resultados obtenidos. Se presenta paso a paso los cálculos matemáticos en la aplicación del estadístico t de student para la prueba relativa a la diferencia de dos medias, que de hecho, servirá como guía en el análisis cuantitativo de la apreciación del rendimiento académico de los estudiantes.

Pretendemos con todo ello contribuir al mejoramiento de las operaciones cognitivas que realizan los alumnos al resolver problemas de química a través de este nuevo tratamiento,

para que, tomando como punto de referencia algunos de estos resultados, encuentren los docentes de química cauces que les permita mejorar la tarea docente.

La autora

ABSTRACT

The purpose of this research is to apply an experimental design which has the objective of comparing the effect in the academic performance using the new treatment of Chemistry problem solution through a series of strategies by discovery, and the traditional treatment of memorization and mechanization. Both treatments were applied to third year secondary school students of the “Colegio Unión”, during the school year of 2006.

The program was initiated through a diagnostic exam which included 20 questions that evaluated the administration of the different strategies of problem solution through a discovery method: strategies of comprehension and representation forms, research heuristic strategies, and algorithmic strategies.

The first chapter of this research is dedicated to the research problem approach, the objectives, the justification, the limitations, and previous studies, among others.

The second chapter presents the theoretical foundations involved in research such as teaching by discovery, didactic techniques by discovery, the academic performance measurement, and the Chemistry problem solutions guide using strategies by discovery. For the algorithmic processes respective flow diagrams are enclosed.

Finally, the third and fourth chapters, respectively, clearly present the methodological aspects of this research, the planning and validation of the used instruments, and the obtained results analysis. A step by step mathematical calculations procedure is presented for the statistical application student t for the relative test in the difference of two measurements, which for sure will be useful as a guide in the quantitative analysis of the student academic performance appreciation.

This research expects to contribute the improvement of cognitive operations performed by the students as they solve their problems through this new treatment, so that when some reference points are taken from the results, the chemistry teachers may find paths that will allow them to improve their tasks.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE CUADROS	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xii
CAPÍTULO I	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 Planeamiento del problema	2
1.1.1 Descripción de la situación problemática.....	2
1.1.2 Formulación del problema.....	3
1.2 Objetivos de la investigación	3
1.2.1 Objetivo general	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 Justificación de la investigación	4
1.4 Limitaciones de la investigación	4
1.5 Estudios antecedentes	5
1.6 Investigaciones afines relacionadas con el descubrimiento	5
CAPITULO II	22
FUNDAMENTO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN	22
2.1 Marco teórico	22
2.1.1 Enseñanza tradicional de química	22
2.1.2 Enseñanza por descubrimiento	23
2.1.3 Técnicas didácticas por descubrimiento.....	63

2.1.4	El rendimiento académico.....	110
2.1.5	La medición del rendimiento académico.....	113
2.1.6	Guía de solución de problemas de química utilizando estrategias por descubrimiento	114
2.2	Marco conceptual	151
CAPÍTULO III		153
MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN		153
3.1	Descripción del tipo de investigación.....	153
3.2	Hipótesis y variables.....	153
3.3	Determinación del diseño de investigación.....	156
3.4	Determinación del estadístico de prueba.....	157
3.5	Delimitación geográfica y temporal	159
3.6	El universo y la muestra.....	160
3.7	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	161
3.8	Técnicas de procesamiento y análisis de la información.....	166
3.8.1	Proceso y condiciones de la prueba de entrada	166
3.8.2	Proceso y condiciones de las pruebas bajo el nuevo tratamiento.....	167
3.8.3	Procesamiento de la información	169
CAPITULO IV.....		171
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.....		171
Sobre las características de la población objetivo		171
Condiciones de la investigación.....		174
Información de la prueba de entrada		175
Análisis del rendimiento académico previo al inicio del tratamiento.....		175
Análisis cuantitativo de las pruebas por descubrimiento de ambos grupos.		177
Prueba de bondad de ajuste de las muestras		184
Prueba relativa a la diferencia de dos medias.....		187
	Estadístico t de prueba a la primera prueba por descubrimiento.....	187
	Estadístico t de prueba a la segunda prueba por descubrimiento	190
	Estadístico t de prueba a la tercera prueba parcial por descubrimiento.....	192
CONCLUSIONES		195
RECOMENDACIONES		198

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	199
REVISTAS	201
ANEXOS	203

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Volúmenes métricos aproximados	40
Figura 2.	Fracción que representa una gota en una cubeta de 5 galones.	41
Figura 3.	Símbolos primitivos para representar algunas sustancias químicas.	41
Figura 4.	La ley de las proporciones definidas. Cada compuesto contiene tipos específicos de átomos que se encuentran combinados en proporciones específicas de masa, sin que importe el tamaño de la muestra.....	42
Figura 5.	Desde los tiempos de Dalton a los de Schrödinger, el modelo del átomo ha sufrido múltiples modificaciones.	42
Figura 6.	Representaciones de orbitales p.	43
Figura 7.	Representaciones de los tres orbitales p sobre los mismos ejes para dar un subnivel p capaz de alojar un máximo de tres pares de (seis) electrones.	43
Figura 8.	Orbitales atómicos.....	44
Figura 9.	Símbolos de electrón – punto de Lewis para representar la reacción del Ca con el Cl, para formar CaCl_2	44
Figura 10.	Enlaces covalentes	44
Figura 11.	La forma de las moléculas: Modelo de globos y repulsión de pares de electrones.	45
Figura 12.	Los puentes de hidrógeno entre moléculas de agua son responsables de los puntos de fusión y de ebullición del agua anormalmente elevados, en comparación con otras moléculas de masa molecular semejante.	45
Figura 13.	Balanceo de una mezcla de hidrógeno y oxígeno para producir agua.	46
Figura 14.	Arreglos hexagonales debido a puentes de hidrógeno.	47
Figura 15.	La solubilidad en agua de moléculas que contienen átomos de nitrógeno u oxígeno.....	48
Figura 16.	Representación esquematizada de una reacción nuclear en cadena	48

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Distribución de la población objetivo y grupos	160
Cuadro 2.	Distribución de los tamaños de la muestra por grupo de estudio según las pruebas	160
Cuadro 3.	Especificación de la prueba de entrada	163
Cuadro 4.	Procesos cognitivos y tipos de control	168
Cuadro 5.	Resumen de los datos generales de la población.....	171
Cuadro 6.	Distribución de alumnos por grupo, tratamiento, horario de clase	175
Cuadro 7.	Distribución de los puntajes de la prueba de entrada	175
Cuadro 8.	Porcentaje de aciertos de los alumnos de la prueba de entrada.....	176
Cuadro 9.	Distribución de las calificaciones de las pruebas bajo el nuevo tratamiento del grupo control	178
Cuadro 10.	Distribución de las calificaciones de las pruebas bajo el nuevo tratamiento del grupo experimental.....	181

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.	Edad de los alumnos por sección de estudios.....	172
Gráfico 2.	Sexo de los alumnos por sección de estudio.....	172
Gráfico 3.	Nacionalidad de los alumnos por sección de estudio	173
Gráfico 4.	Existencia del padre del alumno por sección de estudios.....	173
Gráfico 5.	Escolaridad de la madre del alumno por sección de estudio	173
Gráfico 6.	Porcentaje de aciertos y desaciertos de la prueba de entrada	177
Gráfico 7.	Polígonos de frecuencias del grupo control.....	179
Gráfico 8.	Curvas de frecuencia del grupo control.....	179
Gráfico 9.	Polígonos de frecuencia del grupo experimental.....	182
Gráfico 10.	Curvas de frecuencia del grupo experimental	182

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La enseñanza de la química en la secundaria se ha limitado en gran parte a la solución de ejercicios, guías de trabajo y prácticas de laboratorio las cuales vienen diseñadas para seguir una serie de pasos de forma mecánica, sin que haya una producción de conocimiento significativo.

Hay poca secuencia en el trabajo teórico y práctico dentro de los programas de educación secundaria y básica para esta asignatura. Las prácticas están diseñadas como recetas de cocina, la enseñanza de la química en la secundaria, se ha limitado a solucionar ejercicios, guías de trabajo y prácticas de laboratorio de manera mecánica, sin producción de conocimiento significativo (Ausubel, 1983).

Por otra parte, en el sistema de aprendizaje abocado a la consecución de un conocimiento enciclopédico y erudito, se valora consecuentemente la rapidez de adquisición, mucho más que los procesos de esta misma adquisición; así, si lo que se valora son los conceptos a adquirir y el cuánto más se adquieren, entonces sobrevendrá una de las contradicciones o desacuerdos del conductismo, que es el hecho de pretender que el estudiante en sus evaluaciones “piense” o “reflexione”, luego de un semestre, en donde el maestro ha enseñado de manera memorística una gran cantidad de conceptos a veces encontrados entre si.

En el estudio de las ciencias, es pues indispensable fomentar el espíritu investigador, la curiosidad hacia los diversos fenómenos y situaciones, los porqués, los cuándoos para no fomentar desmotivación, apatía, pereza y generar un pensamiento en donde el estudiante estudia porque le toca, en donde no se esfuerce por aprender y, que respondan lo que el maestro quiere oír.

En el Colegio Unión de Ñaña, la nueva propuesta de aprendizaje de la química a través de la solución de problemas por descubrimiento se ha venido implementando desde hace cuatro años, con estudiantes del sexto grado de primaria, segundo y tercer año de secundaria. Esta propuesta se enmarca dentro de la teoría constructivista de aprendizaje, basada en los fundamentos cognitivos de Piaget, Driver, Ausubel, Vigotsky y Novak.

1.1 Planeamiento del problema

1.1.1 Descripción de la situación problemática

Todavía, en la cultura actual, queda rezagos del pensamiento del siglo XVIII en que el pensamiento es cosa de los gobernantes, incluso en el hogar, el esposo es el que piensa por la esposa y por los hijos. **Kant (1784)** advirtió el absurdo de esta práctica e insistió en la importancia no sólo de pensar válidamente, sino también de pensar por uno mismo.

Igualmente esta práctica se ha extendido en los colegios a través de la enseñanza tradicional donde el profesor es quien piensa por los alumnos y este sólo obedece a sus indicaciones sin tomar en cuenta su capacidad de tomar decisiones. Desde pequeños, primero en la familia y luego en la escuela y en otras situaciones sociales, el joven empieza a creer que no puede pensar por sí mismo y que necesita de otros que le señalen lo que debe hacer tanto sus deberes como responsabilidades. Esta situación es refrendada por **Matthew Lipman (citado por Beltrán y et al, 1992)** quién manifiesta:

La infraproducción de pensamiento competente y de pensar por sí mismo es fácil de encontrar directamente en las escuelas. Los bajos rendimientos de los colegios pueden rastrearse, a su vez, hasta los centros de formación del profesorado que han fracasado en proveer, tanto maestros como textos adecuados para la tarea (p. 252).

Las cuestiones anteriores nos conducen a la urgencia de revisar no solo el tipo de educación que actualmente se tiene sino inclusive los aspectos que este conlleva al analizar e identificar las dificultades escolares para aprender como efecto de las diferencias socioeconómicas y culturales, la incidencia de los programas escolares, las diferencias del desarrollo personal, el sistema escolar, etc.

En este trabajo de investigación nos circunscribiremos al aspecto del rendimiento académico en la asignatura de química del nivel secundario. Los alumnos, en su mayoría, no pueden resolver ni plantear problemas sobre unidades químicas de masa, enlace químico y reacciones químicas, inclusive tienen dificultades para aprender el Sistema Periódico a partir de su propia organización. Los profesores han ido descubriendo que su labor no debe ir dirigida sólo a proporcionar conocimientos y a asegurar ciertos productos o resultados de aprendizaje (por ejemplo, el dominio del Sistema Periódico), sino que debe fomentar también los procesos mediante los cuales esos productos pueden alcanzarse (o sea, las estrategias de aprendizaje). Difícilmente se puede aprender la química sin una serie de habilidades o destrezas en el estudio; pero al mismo tiempo, la aplicación de las estrategias de aprendizaje más completas requiere, para ser eficaz, de un cierto nivel de conocimientos químicos. Según **Pozo (1989)**, cada día parece más claro que ambos tipos de objetivos no

sólo son compatibles, sino que probablemente se requieren mutuamente.

1.1.2 Formulación del problema

En función de la situación problemática surge el presente trabajo de investigación, que pretende experimentar un conjunto integrado de estrategias de solución de problemas por descubrimiento guiado que faciliten la comprensión, aplicación, análisis - síntesis y valoración de los procedimientos y conceptos químicos y, por ende, elevar el rendimiento académico de los alumnos basada en una posición constructivista, donde estos participan de una manera consciente y activa para establecer qué va a aprender, a través de qué actividades, cómo, cuándo, con qué y cómo evaluará su trabajo. En suma, fomentar un mayor metaconocimiento del alumno, ya que de hecho sólo se puede aprender a aprender mediante una mayor reflexión sobre las formas en que habitualmente uno aprende.

Conscientes, además, de que toda estrategia de autoaprendizaje tiene unos principios éticos y morales en cuanto a la independencia de sus razonamientos, adoptaremos el razonamiento crítico que es el más adecuado en una sociedad tan competitiva como la nuestra con el lema “Educar para pensar es educar para ser”. Así la formulación del problema es:

¿En qué medida la aplicación de estrategias por descubrimiento guiado en el proceso de solución de problemas de química, influye en el rendimiento académico de los alumnos del tercer año de secundaria del Colegio Unión?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Determinar la influencia de la aplicación de las estrategias por descubrimiento guiado en el proceso de solución de problemas de química comparado con las estrategias de repetición y mecanización tradicionales en el rendimiento académico de los alumnos del tercer año de secundaria del Colegio Unión.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Determinar la influencia de la aplicación de estrategias de comprensión y formas de representación efectuado en el proceso de solución de problemas de química en el rendimiento académico de los alumnos del tercer año de secundaria del Colegio Unión.

2. Determinar la influencia de la aplicación de las estrategias heurísticas de investigación para relacionar datos e incógnitas dado en el proceso de solución de problemas de química en el rendimiento académico de los alumnos del tercer año de secundaria del Colegio Unión.
3. Determinar la influencia de la aplicación de los procesos algorítmicos en el proceso de solución concreta de problemas de química en el rendimiento académico de los alumnos del tercer año de secundaria del Colegio Unión.

1.3 Justificación de la investigación

En primer lugar, la investigación a realizarse es importante porque su aplicación permitirá a los alumnos alcanzar mejores conductas cognoscitivas en el aprendizaje de la Química, concretamente el alumno descubre en los materiales que se le proporciona una organización lógica, que no está explícitamente presente, produciendo así su propio conocimiento. Es una comunicación “Realidad - Alumno” que, al contrario de lo que puede suceder en el aprendizaje asimilativo.

En segundo lugar, la investigación es importante porque se presenta por primera vez una guía completa de la aplicación de las estrategias por descubrimiento guiado para la solución de problemas de química en el nivel secundario.

Por otro lado, precisaremos para quien o quienes es conveniente este estudio:

1. Para la Dirección Académica del Colegio Unión, porque es de su incumbencia propiciar y llevar a la práctica nuevas metodologías activas para alcanzar mayores niveles de rendimiento académico en la asignatura de química.
2. A los docentes de química del nivel secundario, porque les permitirá un replanteamiento en la solución de problemas de química.
3. A los docentes capacitadores del Programa de Capacitación Continua de la Escuela Académica Profesional de Educación de la Facultad de Ciencias Humanas y Educación de la Universidad Peruana Unión.

1.4 Limitaciones de la investigación

Bibliográficas

La ausencia de trabajos específicos y bien documentados sobre situaciones similares en el

sistema educativo peruano es una carencia sensible, lo cual supone una limitación a la presente investigación.

Metodológica

La no coincidencia de los horarios de clase de los dos grupos.

1.5 Estudios antecedentes

El problema del aprendizaje de los contenidos de la química inspirados en las estrategias de descubrimiento guiado en la usanza de **Bruner (1978)** casi no ha sido abordado en nuestro medio. La investigación psicopedagógica ha dado lugar a un número creciente de estudios y propuestas que permiten relacionar las estrategias de aprendizaje con otros conceptos conexos, tales como las habilidades para el estudio o la metacognición, todo a nivel general y no referido a contenidos específicos de una determinada asignatura.

El estudio que aborda algunas aplicaciones de las estrategias por descubrimiento al campo de la química se encuentran en el volumen “Escuelas infantiles de Regio Emilia (Italia)” **MEC (2002)**. El proyecto desarrollado “la inteligencia se construye usándola” nació del interés de un conjunto de profesores que conviven con los niños en las aulas, y que disfrutaban escuchando, conversando e investigando con ellos.

1.6 Investigaciones afines relacionadas con el descubrimiento

La hipótesis del aprendizaje por descubrimiento

Según **Wittrock (en Shulman y Keislar, 1974, pp. 47 - 93)**, en la psicología educativa se hacen afirmaciones esenciales acerca del aprendizaje por descubrimiento; pero casi nunca van sustentadas de pruebas empíricas convincentes, y muchas veces ni siquiera de claros experimentos. En esta sección presentaremos un breve estudio de los muchos puntos interesantes de la hipótesis bajo el esquema de variables independientes-intercurrentes-dependientes. Esto nos ayudará a comprender algunas de las complejidades y a evitar algunas de las tautologías de la investigación del aprendizaje por descubrimiento.

El enunciado de la hipótesis

Decir que el aprendizaje por descubrimiento es una hipótesis sorprenderá a algunos lectores, que lo aceptan como un enunciado verdadero apoyado por datos, intuiciones y sentido común. Sin embargo, uno de sus proponentes más importantes también lo considera una hipótesis. En un artículo conocido, **Bruner (1961)**, enuncia la hipótesis del

aprendizaje por descubrimiento:

Se trata, si se quiere, de una condición necesaria para aprender las diversas técnicas para la solución de problemas; de transformar la información para utilizarla mejor; de aprender de qué manera se avanza en la misma tarea de aprender. Con la práctica en descubrir por sí mismo, se aprende a adquirir información, de tal manera que esa información resulte más viable en la solución del problema. Esa es la hipótesis. Sin embargo, todavía requiere verificación; pero es una hipótesis con implicaciones humanas tan importantes, que no podemos permitirnos el lujo de no verificarla y el único lugar para ello se encuentra en la escuela (p. 26).

En la cita anterior, Bruner expresa varios aspectos importantes. Afirma que el aprendizaje por descubrimiento es una hipótesis, y que la solución de problemas es una variable dependiente adecuada para catalogar sus resultados. La práctica en la solución de problemas es una variable independiente

En otro de sus artículos, **Bruner (1959, pp. 187-188)** reseñó el siguiente experimento:

Se planteó y ejecutó por el grupo de investigación al que pertenezco, en Harvard, en colaboración con los maestros de quinto año de una escuela pública. Su tema no es muy prometedor: la geografía de los estados del centro-norte de los Estados Unidos. Se nos ocurrió la feliz idea de exponer este trozo de geografía, no como un conjunto de conocimientos, sino como un conjunto de incógnitas. En una clase, se presentaron mapas mudos, que solo contenían las siluetas de los ríos y los lagos de la región, junto con sus recursos naturales. Como primer ejercicio, se pidió a los alumnos que indicaran las ubicaciones de las ciudades principales, las vías de ferrocarril y las carreteras. No se permitía emplear libros ni mapas, y se consideraba ilícito “consultar los hechos”. Al terminar el ejercicio, se inició una discusión de clase, en la cual los niños trataban de justificar sus razones para poner la capital en determinado punto, una ciudad principal en otro, una línea de ferrocarril en otro más, etc.

La discusión fue acalorada. Después de una hora y muchos ruegos, a los estudiantes se les dio permiso de consultar el mapa, enrollado en la pared, apuntando con el dedo la parte inferior del lago Michigan: “¿Viva! Chicago está en la punta de abajo del lago”. Otro le replicaba: “Bueno, está bien; pero Chicago no es buena para los ríos, y debería estar aquí, donde hay una ciudad grande (San Luís)”. Los niños pensaban, y el aprendizaje era un instrumento para comprobar y mejorar el proceso. Hubo, por lo menos, seis niños en la clase que no veían con indiferencia la ausencia de una ciudad grande en el punto donde se unen los lagos Huron, Michigan y Ontario. Cuando se enteraron de los hechos, se convirtieron en agitados teóricos del transporte.

En otra clase, mediante enseñanza convencional, todos los niños obtuvieron los hechos desde el principio, sentados y sujetos a sus bancas. Eso fue todo. En seis meses, veremos qué grupo recuerda mejor (pp. 187-188).

En esta segunda cita de Bruner, se manifiestan algunas de las complicaciones de la hipótesis del aprendizaje por descubrimiento cuando se aplica el sistema de referencia de variables independientes-intercurrentes-dependientes que sugerimos anteriormente. Es importante que los niños aprendan a descubrir sobre bases propias, que se vuelvan más capaces de resolver problemas y de hacer transferencias a otras situaciones que tengan

relación con ellos; que estén motivados para seguir aprendiendo, y que se incremente su independencia. Sin embargo, en la cita de Bruner no hay solo fines, sino también medios. Se supone que una manera particular de aprender produce esos fines importantes.

Bruner concluye que los niños a quienes se presentaron los mapas mudos, pensaban. No se duda. Sin embargo, sería mejor obtener datos empíricos como índices de su pensamiento.

Para evaluar correctamente el aprendizaje por descubrimiento, deberíamos obtener datos empíricos acerca de sus consecuencias. Mediante la intuición y el sentido común, completaremos o refutaremos esos datos.

Los proponentes a favor de la tesis del aprendizaje por descubrimiento sostienen que este tipo de aprendizaje produce un aprendizaje que puede transferirse a situaciones nuevas. Por medio de la práctica en la solución de problemas se desarrolla la capacidad de resolver problemas. Es intrínsecamente motivador, y constituye su propia recompensa. Al enseñarles a resolver problemas, a comportarse de manera inductiva y científica y a trascender los datos, se ayuda al estudiante a convertirse en persona madura. Al depender de sus propios recursos, la historia individual del estudiante determinará la secuencia adecuada en sus actividades de aprendizaje. Es un fin importante por sí mismo; merece atención, y los estudiantes deben tener práctica en descubrir respuestas por sí mismos. Se debe aprender a producir, y no a reproducir, respuestas y conocimientos.

Por otro lado la antítesis, de acuerdo con los opositores, la hipótesis del aprendizaje por descubrimiento confunde los medios con los fines. En la producción de la capacidad de descubrir (un fin); pueden intervenir otros elementos, además de la simple práctica de descubrir (un medio). El descubrimiento toma mucho tiempo. La esencia de una cultura es que no resulta necesario que cada quien descubra, por sí mismo, todo de nuevo, sino que se puede obtener provecho de las experiencias de otros, resumidas por el lenguaje. Aun la motivación producida por el descubrimiento podría ser un intento de regir, y evitar posteriormente, la materia de estudio, porque los problemas pueden amenazar, y no estimular, el intelecto, y el concepto que de sí mismo tiene el estudiante. Como fin, la capacidad de resolver problemas es importante, pero no constituye el único fin importante. Es necesario aprender a adquirir y comprender ampliamente la cultura propia, así como descubrir conocimientos nuevos y resolver problemas.

El interés en el aprendizaje por descubrimiento

Para despertar el interés en el aprendizaje por descubrimiento, presentaremos a continuación algunas evidencias a favor de la enseñanza y el aprendizaje por

descubrimiento.

Suchman (1961) enuncia muchas de las ventajas atribuidas al aprendizaje por descubriendo. Dice, refiriéndose a un programa para mejorar las habilidades de inquirir:

Hay una gran necesidad de mejorar. La práctica educativa actual tiende a disminuir la autonomía y el empirismo de los niños en su lucha por entender, a medida que ascienden por los grados de primaria. Las escuelas necesitan de una nueva pedagogía con un nuevo conjunto de metas, en la que la retención se subordine al pensar.

Se ve claramente que un programa así debe ofrecer grandes cantidades de prácticas de exploración, manipulación y búsqueda. Se debe dar a los niños la oportunidad máxima para que experimenten el descubrimiento autónomo. Se les debe poner nuevas metas. En vez de dedicarse a almacenar información y a recordarla cuando se les pide, tendrán que desarrollar las funciones cognitivas que se necesitan para buscar y organizar la información, de la manera que resulte más productiva en conceptos nuevos. El alumno, más activo y tenaz en su papel de aprendizaje, se debe encargar por sí mismo de la dirección del proceso de formación de conceptos, y debe considerar su ambiente (del cual forma parte el maestro) como suministrador potencial de información, que puede obtener por medio de sus propios actos de inquirir. El maestro tiene que abandonar su modalidad tradicionalmente directiva, a fin de estructurar un ambiente que responda a la búsqueda de información por parte del niño. El maestro debe encargarse de que los esfuerzos del niño pueda obtener la información que necesita, y de que sí descubra conceptos por sí mismo. El maestro ayuda al niño al plantearse problemas adecuadamente estructurados que lo conducirán a descubrimientos nuevos y emocionantes. El maestro también le puede aconsejar técnicas de recolección y organización de datos, con las cuales su búsqueda tendrá más potencia y más control. Sobre todo, el educador se debe dedicar al proceso de pensamiento del niño, con la confianza de que al despertar del inquirir seguirá el crecimiento del saber.

Llevamos cuatro años tratando de diseñar y verificar un programa como ese, para su aplicación en las escuelas primarias. En las secciones siguientes descubriremos el método, al que hemos llamado entrenamiento del inquirir (p. 151).

El interés en la hipótesis no es exclusivo de los investigadores individuales. Ya en 1952, la Universidad de Illinois empezó a preparar materiales y maestros para mejorar el nivel de enseñanza de las matemáticas. El departamento de matemáticas, el Collage de Educación y la High School de la Universidad colaboraron en la preparación, prueba y experimentación con los materiales (comprende también descubrimientos de generalizaciones). La conducta terminal de los estudiantes que completan el programa indica que se han logrado algunas mejoras en la escuela secundaria.

El grupo de estudio de las matemáticas escolares (School Mathematics Study Group – SMSG -), financiado por la National Science Foundation, realizó un trabajo a nivel nacional, comenzado en 1958 y terminando el año 1977. Los textos y materiales preparados por este grupo se caracterizan por la cuidadosa graduación y la sensata estructuración de los conceptos matemáticos fundamentales.

La preferencia de los estudiosos por la enseñanza por descubrimiento no se limita a las matemáticas. El estudio de materiales educativos de química (Chemical Education Material Study – CHEM -) dio lugar, en 1963, a un nuevo curso de química (**Campbell, 1964, pp. 82-93**). Se preparó una serie de experimentos de laboratorio, con películas, libros de texto y manuales de laboratorio. Mediante experimentos de laboratorio, los estudiantes descubrían las ideas fundamentales del curso, como la teoría cinética y la estructura atómica. En el texto, el descubrimiento antecede al análisis de esos conceptos. Más de la tercera parte del libro contiene aplicaciones de los conceptos.

La mayor parte de estos proyectos aceptan los procedimientos del aprendizaje por descubrimiento. Si embargo, el éxito de esos programas no apoya ni refuta en absoluto la afirmación de que el aprendizaje por descubrimiento es importante para aprender la materia de estudio, para aprender maneras de resolver problemas o para cualquier otro objetivo de la educación.

Puntos de vista anteriores

Las raíces de las modernas tendencias que acabamos de describir se encuentran en ciertos movimientos dentro de la filosofía, la educación y la psicología. En esta tesis solo mencionaremos algunos de los representantes principales de esos movimientos, los que vienen más al caso, a saber: J. J. Rousseau, María Montessori y John Dewey.

J.J. Rousseau, en su libro *Emilio*, insiste en que el papel más adecuado del ambiente es el de no interferir con los procesos internos de maduración espontánea. La dirección, metas y normas de los maestros deberían dejar su lugar a una actitud tolerante que permitiera la mejor realización del niño, que es innatamente bueno.

María Montessori (1937), insistía en la libertad del niño y de su elección de los problemas y las materias que quiere estudiar. El maestro debe dar poca dirección verbal al niño. No debe reforzar frecuentemente al niño con palabras, sonrisas, ni otros reforzadores verbales o sociales. En cuanto a la manera de desarrollar el carácter, la inteligencia y los sentimientos dice: es necesario que el alumno se perfeccione mediante sus propios esfuerzos. Todas esas cosas las rige la naturaleza y la creación.

Con un punto de vista muy diferente, **John Dewey (1989)** produjo decididos efectos sobre la educación en el siglo XX, con sus preferencias por la solución de problemas, el trabajo de laboratorio y el método científico. Sugería la experiencia concreta, los proyectos de resolver problemas, las respuestas activas y el aprendizaje de “hágalo usted mismo”. Aunque insistía en la interacción social y la solución de problemas como caminos para el

aprendizaje, también reconocía la existencia de tres niveles en el temario. En el tercer nivel, se organizaba la materia de estudio de acuerdo con la estructura de la disciplina, y no necesariamente en términos de las propias necesidades y problemas del estudiante.

Problemas metodológicos

Según Wittrock los errores metodológicos más frecuentes que se cometen en el campo de la investigación educativa son:

1. Poca posibilidad de repetir los tratamientos. No se hacen definiciones operacionales de los tratamientos. No hay aislamiento ni variaciones cuidadosas de la variable independiente. En cuanto al aprendizaje por descubrimiento no hay definiciones operacionales ni índices objetivos
2. Carencia de asignaciones aleatorias en la conformación de los grupos. Es frecuente que se empleen grupos intactos. No se intenta mantener constantes los efectos de las variables que crean confusión.
3. Análisis estadístico inadecuado. La prueba estadística no corresponde al nivel de medición de la variable.
4. Error en la extrapolación de resultados. Se hacen extrapolaciones de los resultados, de modo que abarcan amplias variaciones de poblaciones cuyas muestras no se han investigado.

Las variables intercurrentes

El dilema memorización- significado

Anderson (1949) trató de comparar el asocianismo y la mecanización con la generalización y el descubrimiento activo por parte de los alumnos. En contraste con elementos relativamente discretos y con la mecanización, comparó un sistema altamente organizado de principios. Su intención era implementar el asocianismo en el tratamiento de mecanización (elementos discretos, respuestas dadas al estudiante y repetición o mecanización de los elementos discretos) y la teoría del campo en el tratamiento del significado (estructuras organizadas, abstención de dar respuestas al estudiante y práctica de la aplicación de generalizaciones). Las variables dependientes eran pruebas de habilidad de cálculo, solución de problemas, comprensión de conceptos sociales en la aritmética y el vocabulario, y pensamiento matemático.

Su conclusión fue: el método de significado tendía a ser superior en los alumnos con

puntuaciones altas en la prueba de capacidad, pero bajas en la prueba previa de aritmética.

El hallazgo no verbalizado

En las obras de Gertrude Hendrix se manifiesta interés por el descubrimiento como variable intercurrente. Afirma que hay un período de hallazgo no verbalizado que tiene importancia para obtener transferencia. En este punto, la transferencia se considera definición operacional del efecto del descubrimiento. Hendrix empleó respuestas faciales y emocionales como índices del descubrimiento; sin embargo, no deja de emplear, como variables de tratamiento, respuestas ocultas, en vez de los estímulos que pueden producir o no producir las respuestas ocultas. Un defecto metodológico de Hendrix fue considerar el tamaño de n muy pequeño, 40, en los tres estudios combinados. Convendría estudiar más profundamente esta hipótesis, si se pudieran diseñar los tratamientos de modo que resultaran distintos en una sola dimensión.

Motivación. Kersh (1962) informa de dos estudios en los cuales el propósito principal era examinar el descubrimiento como proceso intercurrente. El trabajo de Kersh representa un nuevo interés y esmero en la conceptualización del proceso intercurrente. El sostiene que, en el aprendizaje por descubrimiento, el significado no siempre es la variable intercurrente más útil; tal vez la motivación sea el constructo que mejor puede explicar los resultados. En particular, la motivación de competencia puede ser la mejor manera de describir los hechos intercurrentes producidos por los tratamientos de descubrimiento. En su primer estudio, lo que más le interesaba era el método empleado para resolver los problemas, y no el hecho de que se produjera o no la respuesta correcta. En efecto, las variables dependientes que quería estudiar eran las respuestas a las preguntas siguientes: ¿Sumó usted los primeros 35 números (impares) para obtener el resultado? (sí o no). Si la respuesta es negativa, explique cómo lo obtuvo. ¿Trató de recordar la regla que aprendió (o trató de aprender) bajo nuestra dirección hace varias semanas? (sí o no). ¿Logró recordar la regla? (sí o no). Diga de qué manera recordó o intentó recordar la regla (p. 287).

La conclusión a que se llegó fue que la motivación y la práctica posterior, que eran mayores en el grupo de descubrimiento, producían la mejor ejecución en la prueba aplicada aproximadamente un mes después del aprendizaje.

En el segundo estudio, Kersh se dedicó expresamente a investigar los efectos de la inhibición retroactiva. Trabajó con tres grupos a los que llamó: descubrimiento orientado, aprendizaje directo y aprendizaje de memoria (sin instrucción) respectivamente.

En ambos estudios, Kersh trata de demostrar que hay una especie de descubrimiento

orientado de explicaciones o relaciones que motiva a los estudiantes a proseguir después de haber terminado el ejercicio de aprendizaje. Como en el primer estudio, Kersh volvió a emplear como principal variable dependiente el método que los estudiantes utilizaban para obtener respuestas a ítems de transferencia. Este índice de transferencia no es el mismo que se suele usar en otros estudios de aprendizaje por descubrimiento. En el segundo estudio, la designación de aprendizaje de memoria se emplea para describir una condición control en la que no se dan instrucciones. En otros estudios, el aprendizaje de memoria significa mecanización y repetición.

Mediadores verbales. Gagné y Brown (1961) desarrollaron un programa relativo a algunos principios de las series numéricas a estudiantes varones de los grados escolares noveno y décimo. Las variables dependientes representaban el tiempo para resolver los problemas, el número de indicaciones necesarias para ello y las puntuaciones ponderadas de tiempo en que se combinan las dos anteriores.

Este estudio es uno de los que tienen un control más minucioso de los procesos intercurrentes del aprendizaje por descubrimiento. Se describe la variable intercurrente en términos de la historia del sujeto. Los conceptos recién aprendidos en un experimento actúan como mediadores que afectan la solución de problemas y la transferencia. Con esta argumentación afirman que, siempre y cuando aprendan los conceptos, no tiene importancia la manera en que se hayan aprendido. El resultado debe ser el mismo. Lo importante no es cómo se aprende, sino qué se aprende, según sus razonamientos. Después de analizar las tareas y los programas de Gagné y Brown, Della-Piana y Eldredge (1964) ponen en duda la interpretación de que las diferencias en el estudio se debieron a lo que se practicaba, y no a la manera de practicarlo.

Hacia el futuro. El interés moderno en las variables intercurrentes ha cambiado mucho desde los días de los primeros estudios acerca del contraste entre el asociacionismo y la teoría del campo, y los procesos de memorización y significado. Las variables intercurrentes que interesan en la actualidad son la motivación, la mediación verbal y el hallazgo no verbalizado.

Como descripción del proceso intercurrente, el descubrimiento compite en la actualidad con los mediadores verbales, los conceptos y el motivo de capacidad de desempeño. Se considera que el descubrimiento es un proceso mediador en la transferencia, una teoría de la transferencia. También hay interés en el problema de catalogar el descubrimiento de manera independiente de la transferencia en la cual actúa como mediador.

Para lo futuro, en la investigación del aprendizaje por descubrimiento, el término respuesta resulta poco útil, debido a que no suele ser importante el tipo ni el modo de responder. Si se prefiere tomar una teoría asociativa para predecir los resultados del aprendizaje por descubrimiento, no debe olvidarse que el término respuesta es engañoso y restringido en sus implicaciones. Podría ser más útil un término como contestación (**Gagné, 1962**).

Las variables independientes

Los estudios investigan las relaciones funcionales entre las variables dependientes y las independientes. Si comparamos con los estudios que describimos en la sección anterior, clasificados como investigaciones de variables intercurrentes, veremos que se pone relativamente menos atención en los problemas de índices y teorías acerca de la hipotética conducta encubierta del sujeto. En cambio, los investigadores se dedican sobre todo a los tratamientos del descubrimiento, con el fin de compararlos con otros tratamientos.

A continuación resumiremos algunas investigaciones que difieren entre sí de muchas maneras: temas de estudio, edades de los que aprenden, especies de tratamientos y medidas de las variables dependientes.

Principios y contestaciones. Uno de los primeros estudios empíricos, que también es de los más conocidos, acerca de las reglas y los principios, precursor de los estudios de aprendizaje por descubrimiento, es el de **Judo (1908)**. Este investigador empleó como criterio la transferencia, y estudio la enseñanza de una relación entre la profundidad del agua y la refracción que se obtiene al mirar desde un medio menos denso (el aire) hacia otro más denso (el agua), con un ángulo adecuado de incidencia para que se produzca la refracción.

La advertencia de Thorndike sobre la necesidad de evitar la práctica de errores que pueda haber en el aprendizaje por descubrimiento dio lugar a una serie de estudios dedicados a las reglas y los principios. Así surgieron las investigaciones de Stacey, Craig y Kittell. Stacey estudió la información dada antes de que el estudiante diera la respuesta, y también el reforzamiento y el conocimiento de los resultados, adoptando la tarea que consiste en la eliminación de una palabra que no pertenece a un conjunto de cinco. No encontró ninguna interacción entre la cantidad de información que se daba a los sujetos y su nivel de capacidad.

Los resultados de Stacey nos indican uno de los peligros de nombrar los estímulos en términos de la conducta que se espera que los estímulos produzcan. Craig y Kittell emplearon el mismo tipo de tarea.

Con el fin de investigar los efectos de la orientación sobre la solución de problemas, **Corman (1957)** utilizó algunos modelos de las tareas de concordancia de Katona con estudiantes del duodécimo grado. Hubo variaciones en la información acerca del principio y el método de resolver problemas. Al tener en cuenta todas las combinaciones posibles de las tres variables factorizadas (ninguna información, poca información y mucha información), se obtuvieron nueve tratamientos diferentes, que variaban desde ninguna información (ni acerca del principio, ni referente al método), hasta mucha información tanto acerca del principio como del método. Las variables dependientes eran el aprendizaje inicial, la transferencia a problemas sencillos y complejos, y la capacidad de expresar verbalmente los principios.

Cuando el criterio consistía en la adquisición de la regla, la ejecución era mejor cuando se daba más información acerca de la regla. Es decir, la información explícita de la regla resultó superior a la ausencia de información de la misma. Corman concluye que la orientación adecuada resulta benéfica para el aprendizaje y la transferencia, y que su ausencia demora la solución, pero no la impide; además, la efectividad de la orientación interactúa con la capacidad del estudiante.

Corman intenta definir las variables independientes en términos de dos tipos de información (información acerca de un principio y métodos para resolver problemas), así como la clasificación de tres cantidades de información (ninguna, poca y mucha). El esfuerzo del autor por definir los tratamientos en términos distintos de los que se emplean para describir los tipos de respuestas (memorización o descubrimiento) representan un paso hacia la objetividad. Sin embargo, los términos “poco” y “mucho” resultan poco deseables.

En el mejor de los casos, solo representan una escala ordinal. Se les define en términos de suposiciones acerca del pasado del estudiante, y no se verifica la validez de esas suposiciones.

Indicios verbales. Una reacción en oposición a la complejidad y vaguedad de los tratamientos de aprendizaje por descubrimiento consiste en diseñar tratamientos que se diferencien entre sí en solo una palabra o una oración por problema, y en enseñar, en una capacidad previa, una jerarquía de asociaciones con tales palabras u oraciones.

En el primer estudio de la serie (**Wittrock, Keislar y Stern, 1964**), les enseñó a niños del nivel inicial, una serie de asociaciones a los indicios verbales que se iban a emplear posteriormente en el experimento. Al mostrarles dibujos de doce objetos y animales comunes y pronunciarles los nombres correspondientes en francés, se enseñó a los niños a

decir las palabras francesas cuando veían el dibujo adecuado. La mitad de las palabras eran sustantivos masculinos, y la otra mitad, femeninos. Se midieron las variables dependientes por medio de pruebas de aprendizaje y transferencia, aplicadas inmediatamente y después de tres semanas. La prueba de aprendizaje constaba de ítemes contruidos a partir de los seis objetos empleados en la capacitación experimental. En la prueba de transferencia sólo se emplearon los otros seis objetos que los estudiantes habían mencionado en el adiestramiento preliminar, pero no en el experimental. El estudio también indica que la efectividad del descubrimiento puede depender de la historia de asociaciones de los ítemes y de las indicaciones en cada estudiante.

El segundo estudio de la serie (**Wittrock y Keislar, 1965**) se llevó a cabo con niños del segundo y del tercer grado, y se emplearon en él conceptos de color, tamaño, forma y número con que los niños están familiarizados. Las variables dependientes eran las mismas que describimos anteriormente, con la única diferencia de que se añadió un muestreo de la transferencia a conceptos nuevos.

Instrucciones. Los estudios que hemos agrupado bajo el título de “Instrucciones” se diferencian de dos maneras de los agrupados bajo el título de “principios y contestaciones”. En primer lugar, entre sus variables independientes se encuentran indicios vagos o generales. En segundo lugar, se encuentran en la bibliografía del aprendizaje de conceptos.

En esta sección, según Wittrock, tenemos cinco investigaciones:

Maier (1930) estudió la función que desempeña la dirección en el razonamiento y la solución de problemas.

Luchins (1942) hizo ver que la indicación general “No sea usted ciego” aumentaba el nivel de solución de problemas en sujetos adultos, aunque no en niños de edad escolar.

Ewert y Lambert (1932) estudió el efecto de las instrucciones para conservar el orden de tamaños dentro de un conjunto de tres discos formando una estructura triangular. Los grupos a los que se dio el principio como enunciado verbal se desempeñaron significativamente mejor que los grupos a los cuales no se les dio.

Reed (1964) investigó los efectos de las instrucciones en el aprendizaje y la retención de conceptos. Observó que las instrucciones para aprender el significado de un estímulo junto con su nombre produjeron una tasa de aprendizaje y un grado de retención superiores a los que producía la disposición de aprender sólo los nombres. Sin embargo, al aumentar la dirección se incrementó el aprendizaje y la retención.

Underwood y Richardson (1956) estudiaron el aprendizaje de conceptos en función de las instrucciones y el nivel de predominio de los conceptos. Los resultados muestran que, ante una mayor cantidad de información dada a los sujetos acerca del contenido o la naturaleza de los conceptos que tenían que aprender, hubo una adquisición más rápida de los conceptos (pp. 83-85).

Hacia el futuro. La gran diversidad de tratamientos complicados, temas de estudio, tipo de estudiantes y variables dependientes que se emplean en los estudios anteriores referentes a las variables independientes, constituye un grave obstáculo a la comparación de los resultados de unos y otros estudios. Sin embargo, se pueden aprender varios aspectos en esos estudios, y hay algunas posibilidades de investigación a futuro:

1. Generalizar los resultados de un estudio a situaciones en que los estudiantes, la materia y las condiciones puedan compararse directamente con las que muestra el experimento. Aunque tal vez en lo futuro se demuestre que hay principios generales que abarcan múltiples especies de personas y temas.
2. Se deben investigar detenidamente las diferencias individuales y las historias de los estudiantes. Deben relacionarse los efectos de los tratamientos con las influencias preactivas de los que aprenden. No debe sorprender el hecho de que sus historias tengan más influencia que nuestros breves tratamientos.
3. Los futuros investigadores del aprendizaje por descubrimiento deben tener en cuenta los resultados de investigaciones acerca del aprendizaje de conceptos y la solución de problemas que se relacionan con la hipótesis del aprendizaje por descubrimiento.
4. Se deben diseñar los tratamientos de manera que un solo elemento varíe en un momento dado.
5. Si se lleva a cabo un experimento, las diferencias entre los tratamientos deberán ser significativas. Ambos tratamientos tienen que relacionarse sistemáticamente uno con otro.

La lógica de los experimentos sobre el descubrimiento

En esta sección consideraré el pensamiento de **Cronbach (1965)** referente a la pugna que llevan los filósofos de la educación. Por una parte, tenemos la visión de la educación como transmisión cultural, donde se sugiere firmemente que la misión del maestro consiste en saber las respuestas y exponerlas al alumno. Por la otra parte, tenemos a quienes

consideran a la educación como crecimiento, y afirman que el único conocimiento real y valioso es aquel que el alumno formula a partir de su propia experiencia. Al respecto manifiesta:

Ha llegado el momento de hacer a un lado la vieja pregunta: ¿Es mejor la enseñanza por descubrimiento que la enseñanza didáctica? La comparación es compleja pues las cuestiones hipotéticas que demandaría el diseño de investigación son muchas... Propongo que tratemos de hacer generalizaciones limitadas, que tengan la siguiente forma: cuando los temas de estudio son de determinada naturaleza, las experiencias inductivas de determinado tipo y, en determinada medida, producen determinada estructura de respuestas, en alumnos situados en determinada etapa de desarrollo (p. 98).

En esta propuesta se considera cinco cuestiones: tema de estudio, especie de capacitación, cantidad de experiencia inductiva, estructura de los resultados y alumnos.

1. Tema de estudio. Ciertamente, no podemos generalizar nuestros enunciados a todo el contenido educativo sin hacer discriminaciones en él.
2. Especie de capacitación. El tipo y la cantidad de orientación es un aspecto significativo de la capacitación.
3. Cantidad de experiencia inductiva. Una táctica educativa particular forma parte de un sistema instrumental; el diseño educativo adecuado empleará en un momento dado la táctica, durante determinado período, antes y después de otras tácticas. Si se considera la táctica en sí misma, no se puede sacar ninguna conclusión.
4. Estructura de los resultados. La educación tiene muchos fines, y toda experiencia de aprendizaje debe juzgarse en términos de todas sus metas.
5. Alumnos. Tengo la sospecha de que el aprendizaje inductivo es más valioso en algunos estudiantes que en otros, y que no se debe generalizar el enunciado a todos los alumnos.

La selección de las tareas de aprendizaje

Las tareas experimentales deben tener propiedades psicológicas semejantes a las del tema de estudio. Ciertamente, el descubrimiento se vuelve más valioso a medida que hay más racionalidad en el vínculo entre el estímulo y la respuesta correcta. La racionalidad es máxima en las tareas en las que la respuesta correcta se puede deducir de lo que se da en el problema o de un sistema de ideas establecidas. Hay un vínculo natural (pero no necesariamente lógico) en las tareas en las que la respuesta tiene consecuencias fáciles de discernir. Por ejemplo, ¿tienen buen sabor las manzanas? En principio, la respuesta se puede deducir de la estructura química de los vegetales y de la fisiología del gusto, pero en

la práctica el descubrimiento se lleva a cabo por medio de un ensayo provisional seguido de reforzamiento natural.

Se dice que el aprendizaje por descubrimiento provoca seguridad intelectual en sí mismo, lo que se denomina “autorregulación intelectual”. Esto es, comprobar la congruencia de lo que uno cree, antes de pasar de las ideas a la acción; es el ingrediente principal del pensamiento operacional. Si el razonamiento inductivo debe producir la seguridad intelectual en uno mismo, es obvio que ha de emplear tareas cuyas respuestas se determinen racionalmente.

El tipo de enseñanza

La primera regla de los tratamientos experimentales nos indica que se debe dar a cada tratamiento la debida oportunidad para exhibir sus resultados. Al preparar el material de un tratamiento durante un tiempo considerable con el apoyo de expertos, es claro que los resultados le favorezcan frente a los resultados del otro método que no ha sufrido ningún mejoramiento. La conclusión honesta para estos tipos de investigación donde se infringe esta regla, dirá que el tratamiento innovado tiene mejores resultados que el tratamiento que se imparte en la antigua forma, monótona y sin revisión; sin embargo, es probable que se obtengan resultados opuestos al invertir el mismo esfuerzo de tiempo en el mejoramiento del segundo.

En las investigaciones sobre el descubrimiento, el grupo control está obstaculizado por uno de los siguientes factores, en casi todas ellas:

1. Menor tiempo de capacitación.
2. Metas limitadas. Se piensa que la única meta de su instrucción es el manejo de una fórmula y no de su discernimiento. Lo cierto es que, la efectividad de la enseñanza no depende tanto del método como de lo que se aprende.
3. La instrucción de memoria. No tolera los discernimientos en el manejo de los conceptos.
4. Análisis prejuicioso de datos. Muchas veces se usan pruebas diferentes en los grupos de investigación. Por ejemplo, a un grupo se le aplica una prueba de respuesta libre y a la otra una prueba de elección múltiple. Es de esperarse que haya una ganancia de puntos en personas que responden de una manera completamente aleatoria.

Cronbach (p. 103), trata sobre un agudo dilema del diseño y análisis experimentales. ¿Hemos de capacitar a cada sujeto con ambos métodos hasta satisfacer el criterio, en donde la nueva propuesta metodológica suele llevar más tiempo para producir sus efectos? ¿O debemos igualar el tiempo? En el último caso, si la respuesta es afirmativa, ¿qué tratamiento hemos de dar a aquellos que no descubren? Podríamos descartar a aquellos que no descubren, pero, con ello, se predispone el experimento, debido a la eliminación de los elementos más débiles del grupo experimental. Es más apropiado igualar a los sujetos del grupo experimental con los del grupo control y descartar a todos aquellos que no descubren junto con su correspondiente en el grupo control; pero con ello se confía exageradamente en igualaciones imperfectas. Una posibilidad consiste en tratar por separado a quienes descubren y a quienes no descubren dentro del grupo experimental, puesto que sus puntuaciones de transferencia tienen significados distintos. Si embargo, esa solución no parece muy satisfactoria porque es probable que haya grados de descubrimiento y no descubrimiento.

Asimismo, hay otra complicación. Desde luego, el procedimiento de aplicar un tratamiento posterior al alumno que no descubre es pedagógicamente adecuado. En la mayoría de los estudios realizados antes de la década de los setenta del siglo anterior, los sujetos que no podían descubrir la respuesta dejaban simplemente sin resolver el problema.

El cumplimiento de la recomendación de que los tratamientos de descubrimiento y didáctico sean semejantes en todos los aspectos menos en uno no es nada fácil de hacer. Incluso en la variable tiempo. Supongamos que nos ponemos de acuerdo en que la enseñanza por descubrimiento debe continuar hasta que casi todos los alumnos pasen una prueba criterio. Entonces, no se puede dar uniformidad al tratamiento, ni siquiera en los miembros de ese grupo de tratamiento. Es aún menos factible mantener a un nivel constante la experiencia en grupos diferentes. En promedio, se puede esperar que el grupo didáctico adquiera antes dominio sobre la solución. ¿Acortaremos, entonces, su instrucción? ¿Les pondremos más problemas acerca de la misma regla, con el riesgo de aburrirlos? ¿les enseñaremos reglas adicionales?

Si todas las recomendaciones son inseguras, ¿cuál es la mejor alternativa? Cronbach (p.104), se inclina en la comparación de los resultados dentro de un plazo fijo de enseñanza (de 400 minutos, por ejemplo) y compararía los dos estilos de enseñar al organizar los dos mejores planes de instrucción dentro de los límites de tiempo que se han establecido.

Ya que estamos hablando de procedimiento, es oportuno definirlo. Un procedimiento educativo es un sistema en el cual los materiales que se escogen y las reglas que indican lo

que el maestro hace deben armonizar entre sí y con las cualidades de los alumnos. Si queremos comparar al camello y al caballo, debemos escoger un buen camello y un buen caballo; no tomamos dos camellos y le cortamos la joroba a uno de ellos. La observación se aplica a los tratamientos didácticos que no emplean procedimientos didácticos sensatos desde el punto de vista de la pedagogía. Y aún adoptando buenos procedimientos, después de la investigación, siempre habrá quien afirme que, al hacer algún cambio en determinado parámetro o si se hubiese mantenido constante en otro nivel, se habrían invertido los resultados. Jamás escaparemos de esta dificultad.

Un aspecto importante del tratamiento es el de la medida en que el alumno exprese verbalmente lo que descubre. Con esto se relaciona estrechamente la elección del criterio con el cual se decide que el alumno ha obtenido la solución y puede pasar a la realización de trabajos nuevos. El descubrimiento se efectúa por etapas, y se pueden resolver bastantes problemas semejantes antes de consolidar la base intelectual de la solución. Da mucha solidez a la famosa observación de George Stoddard de que no aprendemos al hacer, sino al pensar en lo que hacemos.

La extensión de la enseñanza inductiva

Las recomendaciones educativas buscan obtener un desarrollo óptimo del estudiante en un espacio grande de tiempo. El docente no se dedica a que sus alumnos dominen un solo principio, sino al desarrollo acumulativo de su discernimiento y aptitud. En general, investigaciones de la enseñanza inductiva se llevan a cabo en períodos muy cortos de instrucción y, sin embargo, las recomendaciones pretenden aplicarse a cursos y temarios completos. Hay que tener cuidado con esa extrapolación, y pedir estudios de instrucción extendida a través de largos períodos.

Existe la posibilidad de que, al tener alguna experiencia en el descubrimiento de principios en un campo del conocimiento, se altere radicalmente cuando se enfrenta con problemas de otro campo del conocimiento. Esto es otro problema que hay que tomar en cuenta en este tipo de investigaciones, tal vez la solución se encuentre en los procedimientos inductivos.

Las diferencias individuales

Es inequívoco que el descubrimiento tiene más valor para algunos alumnos que para otros. Es de esperarse que haya interacción entre la variable de descubrimiento y las características del alumno, de manera que, de un grupo de alumnos clasificados en el mismo nivel, habrá quienes respondan mejor a la enseñanza inductiva, mientras que otros aprovecharán mejor la enseñanza didáctica.

No es remoto que las variables que interactúan se relacionan más con la personalidad que con la capacidad; esto sugiere la idea de que alumnos de aprovechamiento negativo pueden reaccionar en la enseñanza por descubrimiento, mientras que los que son dependientes hasta la ansiedad se pueden quedar paralizados al pedírseles seguridad en sí mismos. Si eso se confirmara, sin embargo, también se podría interpretar como indicación de que los del segundo grupo necesitan capacitarse en la independencia intelectual, en vez de dejárseles aprender pasivamente.

A fin de cuentas, los docentes deberían tener suficientes conocimientos de sus alumnos para predecir que tipo de tratamiento les conviene. El alumno que ya ha aceptado el significado del sistema numérico y que tiene la confianza de buscar generalizaciones por cuenta propia, se verá obstaculizado en sus avances si se lo obliga a inventar sus propias reglas para multiplicar decimales. En cambio, para el alumno que tiene mucha habilidad aritmética pero poca comprensión de los orígenes de las reglas, nada sería más provechoso que tener alguna experiencia en el descubrimiento de esas reglas.

CAPITULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Marco teórico

2.1.1 Enseñanza tradicional de química

En la enseñanza tradicional la solución de problemas se guía por una solución modelo: al énfasis en “mostrar y repetir”. El saber cómo hacer algo no garantiza la habilidad de saber cuándo usar esa aptitud.

En esta forma de enseñanza no se alertan las siguientes dificultades:

Uso de definiciones y de modelos múltiples, por ejemplo, definiciones múltiples en los temas de ácido base y de óxido-reducción ha sido informado como fuente de dificultades ordinarias en los estudiantes. En todo caso, estos modelos deben utilizarse con mucho cuidado, enunciando claramente las limitaciones de los varios modelos mostrados.

Memorización simple de conceptos y algoritmos. Hay una tendencia a que los estudiantes reduzcan el conocimiento teórico y de principios a un nivel factual y a aplicar dicho conocimiento de una forma memorística. Ello ocurre, por ejemplo, en la enseñanza de balanceo de reacciones redox. Aquí hay un claro mensaje para los educadores: el material debe ser presentado de manera que se solicite al alumno el entendimiento de conceptos, en lugar de la aplicación de algoritmos sin razonar o de simples memorizaciones.

Sobre posición de conceptos similares. Cuando un alumno pretende alcanzar el entendimiento del concepto de equilibrio químico, pero lo coloca como dependiente del concepto de equilibrio físico, puede resultar una confusión.

Dotar a los objetos de características humanas o animales. Se presenta este hecho en

aseveraciones como “la corriente eléctrica escoge la trayectoria con menor resistencia” o los “átomos tratan de obtener una compartición de ocho electrones”. Esto sugiere el empleo de un lenguaje más preciso.

Conocimiento inadecuado de los prerrequisitos. Por ejemplo, estudiantes con un inadecuado conocimiento de la naturaleza de la corriente eléctrica, de conductores y circuitos, deben tener gran dificultad para comprender tópicos tales como la electroquímica.

Incapacidad para visualizar la naturaleza particular/submicroscópica de la materia. Este es un punto crucial para el entendimiento de la química. Si no está comprendido este punto, poco podrá lograrse en temas que vayan más allá.

2.1.2 Enseñanza por descubrimiento

Esta enseñanza corresponde a la teoría del aprendizaje por descubrimiento en la tradición de Bruner. El concepto de “descubrimiento” es ambiguo, tanto desde el punto de vista de cómo se descubre, cuanto de lo que se descubre. El aspecto fundamental de todo descubrimiento es que, en lugar de recibir la información elaborada por el profesor, el alumno “descubre” en los materiales que se le proporciona una trayectoria lógica, que no está explícitamente presente, elaborando así su propio conocimiento. Se le exige por fuerza una actividad, siendo consciente de las opciones y posibilidades que se pueden tomar en cada caso.

El descubrimiento puede realizarse autónomamente, lo que escapa a las situaciones académicas normales, o de manera más o menos guiada. De hecho, la mayoría de los programas inspirados en esta teoría ofrecen secuencias cuidadosamente planificadas para que el alumno llegue al objetivo propuesto. En cuanto a los resultados, se pueden alcanzar objetivos de aplicación, análisis, síntesis y valoración sobre contenidos previamente adquiridos; o se pueden aprender, descubriendo los nuevos contenidos.

En este trabajo de investigación, nos centramos en estrategias de descubrimiento escolar guiado por el docente para que el alumno alcance un conocimiento procedimental; es decir, por un lado, objetivos de aplicación y, por otro, de análisis, síntesis y valoración de conocimientos.

Los objetivos de aplicación suponen en el alumno una comprensión previa de métodos y conceptos a través, por ejemplo, del aprendizaje asimilativo. En sentido exacto no se dan

por comprendidos hasta que se saben aplicar. Sin embargo, se admite que son comprendidos si el alumno es capaz de traducirlos o interpretarlos, considerando la aplicación una capacidad superior, es decir, la comprensión es condición necesaria pero no suficiente para la aplicación porque, aun comprendiendo los métodos y conceptos, a veces no se sabe resolver el problema; por ejemplo: Se pueden comprender diversos métodos para balancear ecuaciones y, sin embargo, no saber balancear una ecuación, bien por no seleccionar el método adecuado o incluso porque, aunque se seleccione bien y se comprendan todos los pasos, no se sepan ejecutar.

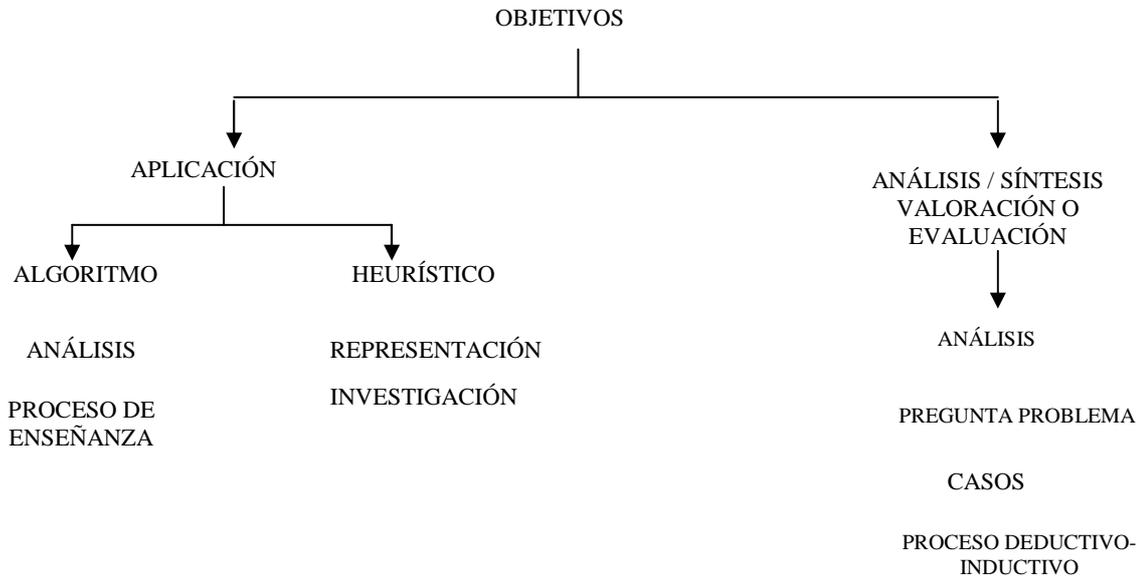
En la resolución de problemas que respondan a objetivos de aplicación, pueden darse, entre otros, los casos siguientes:

- a) Que sea suficiente la comprensión de procedimientos; por ejemplo: Para escribir directamente la fórmula química de un determinado compuesto sólo se necesita saber los símbolos de los componentes e intercambiar sus valencias sin saber necesariamente la nomenclatura del producto obtenido.
- b) Que sea necesario comprender conceptos y procedimientos; por ejemplo: Para resolver el problema, "Determinar el volumen molar en condiciones normales de presión y temperatura de 2,5 moles de moléculas de nitrógeno", es necesario comprender el concepto de volumen molar y el procedimiento para resolver una regla de tres simple.

De todas maneras, conviene diferenciar los objetivos de aplicación con la "aplicación rutinaria" de procedimientos. Asumimos que el aprendizaje por descubrimiento guiado, donde el alumno "descubre" aplicaciones, es conveniente y a veces imprescindible para lograr objetivos de aplicación.

Para lograr objetivos de análisis, síntesis y valoración, el docente ayuda al alumno a "descubrir" estructuras profundas (análisis), relaciones nuevas (síntesis) y valores (valoración). Se cuestiona si lograr estos objetivos por descubrimiento es provechoso, ya que exige, entre otras condiciones, mucho tiempo, grupos reducidos de alumnos y corregir muchos errores. Incluso hay una incertidumbre si estos objetivos se dan en el ámbito académico, dado que se suele aprobar al que comprende las explicaciones, se otorga mejor nota al que es capaz de repetir rutinariamente ejercicios y se reservan las mejores notas al que resuelve problemas aplicando los procedimientos aprendidos, sin considerar estas capacidades más complejas. Consideramos, al menos, que estos objetivos deben mantenerse para los alumnos más capaces.

El siguiente esquema recoge la estructura de las ideas que se desarrollan en el presente trabajo de investigación.



2.1.2.1 Objetivos de aplicación

Tarea del alumno

Para realizar ciertas actividades especulativas, como la de resolver ciertos problemas, el alumno tiene que usar el conocimiento, es decir, convertir la comprensión en aplicación, esto es:

- 1º Describir e interpretar la situación, estableciendo relaciones entre los elementos relevantes.
- 2º Seleccionar y aplicar reglas y fórmulas.
- 3º Obtener conclusiones.

Tarea del docente

Hay alumnos que, atendiendo las explicaciones a nivel teórico de reglas y técnicas, y observando cómo el docente las aplica, aprenden a generalizar empíricamente la resolución de problemas a través de un descubrimiento autónomo. A estos alumnos,

que aprenden autónomamente, es suficiente que el docente les proponga una selección de problemas tipo, para cederles luego la iniciativa de su aprendizaje.

Pero ocurre que la mayoría de los alumnos necesitan aprender una generalización estructurada de resolución de problemas, es decir, que el docente les enseñe explícitamente las operaciones cognitivas que realizan los expertos al resolver problemas. Si no se aprenden, es muchas veces porque no se enseñan: se enseña “que” pensar, pero no “como” pensar. La dificultad está en que, como con frecuencia los expertos no son conscientes de lo que hacen, no pueden describirlo, o sólo lo realizan parcialmente. Si se pregunta a un experto cómo resolvió un problema, responderá: “Resolviéndolo”. En muchos casos los docentes se limitan a dar normas ambiguas, tales como: “Antes de responder, leer las preguntas cuidadosamente, asegurarse de entenderlas, analizar la situación, seleccionar las reglas que se pueden aplicar y sacar conclusiones”. ¿Cómo se hace esto? ¿Cuál es la diferencia entre el experto, que lee cuidadosamente, y el aprendiz, que no lo hace?

Son varios los criterios posibles de clasificación de los objetivos de aplicación: según la materia, los medios, los fines, etc. Los criterios de clasificación más determinantes son la naturaleza de los estados inicial y final, y el proceso mental implicado.

El primer criterio, la naturaleza de los estados inicial y final, determina la definición del problema, es decir, si tiene solución concreta o las soluciones no están bien definidas. Los problemas científicos-matemáticos suelen ubicarse entre los primeros y los sociales entre los segundos.

En cuanto al segundo criterio, el proceso mental, si se analiza el que supone un objetivo de aplicación, muchas veces complejo, y se subdivide en procesos más simples, que puedan ser ejecutados, aunque a menudo tampoco son observables, puede dar lugar a dos tipos:

1. Procesos algorítmicos: Son una serie de operaciones elementales que llevan, en un número finito de pasos, a la solución de un problema. Son muy frecuentes, porque sin procesos algorítmicos sería muy difícil realizar muchas tareas. La utilización de un algoritmo suele convertirse en una rutina, pero su aprendizaje generalmente conlleva un proceso de descubrimiento de la existencia de relaciones y conexiones entre elementos aparentemente dispares.

Ejemplos:

Establecer tasas.

Balancear ecuaciones químicas sencillas.

Calcular velocidades medias de reacción.

2. Procesos heurísticos: Son operaciones de búsqueda no elementales, que no tienen por qué resolver íntegramente un problema. Suponen también una actitud hacia el aprendizaje, la investigación, la conjetura, el descubrimiento o la resolución personal de problemas.

Ejemplo:

Determinar la fórmula química de un compuesto de estructura ternaria, de la que se duda. Determinar fórmulas empíricas y moleculares a partir de ciertos datos.

No siempre las operaciones simples son algorítmicas, y las complejas heurísticas: los procesos algorítmicos pueden ser extremadamente complejos, al menos en términos del número de operaciones, y hay procesos que tienen una parte heurística y otra algorítmica. Por otro lado, muchos procesos complejos, que parecen heurísticos hoy, pueden ser algorítmicos más adelante. El criterio para decidir si una operación es elemental, y por tanto parte de un algoritmo, es que el alumno entienda las directrices que se le dan para realizarla y lo haga con éxito de manera sistemática. Este concepto de operación elemental es relativo: un bloque de operaciones puede ser considerado como elemental para unos, y un paso puede no serlo para otros.

Siempre que sea posible, el docente debe analizar estos procesos cognitivos complejos y fraccionarlos en operaciones elementales. Cuando sea posible encontrar algoritmos, o no sea aconsejable enseñarlos como tales, hay que intentar al menos encontrar estrategias heurísticas que sean lo menos ambiguas posible.

A continuación estudiaremos estrategias para enseñar ambos tipos de procesos.

A) Estrategias para enseñar procesos algorítmicos

Los algoritmos deben enseñarse paso a paso, para que en cada momento el alumno tenga que recordar pocas reglas, las aplique inmediatamente en ejercicios y problemas y, una vez dominadas pase a las siguientes. Estas estrategias de enseñanza requieren explicaciones del docente, pero, a no ser que el discente tenga la oportunidad de completar la explicación con abundantes ejercicios prácticos, no llegará a adquirirlos y

dominarlos. Esta situación, la necesidad de realizar ejercicios prácticos, justifica su clasificación como descubrimiento guiado.

a. Análisis

El docente debe empezar analizando la operación compleja, que supone el objetivo, según las exigencias de cada asignatura, y establecer luego un modelo de proceso algorítmico con las operaciones y decisiones que deben llevarse a cabo; es decir, lo que debe y cómo debe hacerse, para alcanzar el objetivo.

Así, son ejemplos de objetivos que hay que analizar:

- Determinar la solubilidad molar de un compuesto químico (2 pasos).
- Calcular, dada una mezcla, las concentraciones de los reactivos A y B en equilibrio (3 pasos).
- Resolver un sistema lineal de varias variables en el ajuste de una reacción química.

En caso de que el número de actividades resultase excesivo, es conveniente dividirlo en algoritmos más elementales que puedan ser tratados como procesos independientes.

b. Proceso de enseñanza

Todo proceso de enseñanza de algoritmos debe facilitar las tres fases de aprendizaje que se indican a continuación:

Fase declarativa: El aprendizaje de algoritmos empieza con una fase en la que el alumno recibe una información. El producto de esta fase es una representación de cómo se realiza el algoritmo, de manera que el discente pueda hacer una descripción de las fases del proceso, con sus datos y, conceptos asociados. En algunas tareas, este conocimiento declarativo puede ser suficiente para ejecutar el procedimiento.

Fase procedimental: En otras tareas el conocimiento declarativo no es suficiente, y el alumno intenta infructuosamente realizar el algoritmo. Con frecuencia, estos intentos frustrados iniciales revelan errores en el conocimiento teórico adquirido en la fase anterior. Pero durante esta segunda fase el conocimiento declarativo y el procedimental interactúan; es decir, durante la ejecución de la tarea la práctica aclara la comprensión de la teoría, y viceversa, la comprensión de la teoría facilita la realización de la práctica. El resultado de esta fase suele ser la capacidad de realizar el algoritmo de una manera correcta y fluida, aunque se suele necesitar gran atención.

Fase autónoma: En la fase final -hay algoritmos que no pasan de la fase anterior- se automatizan y se pueden realizar sin una gran atención. Algunos llegan incluso a convertirse en parte de otros más complejos.

Estas fases de aprendizaje se pueden operativizar en procesos de enseñanza como:

1. El docente presenta todo el algoritmo aplicado a uno o varios casos "prototipo"; es decir, con ejemplos de dificultad media y subrayando cada paso, operación o decisión.
2. Generaliza el proceso, presentándolo de una forma esquemática. Por ejemplo, en un diagrama de flujo.
3. Si el algoritmo es sencillo, los alumnos repiten el proceso, retirándoles gradualmente las ayudas hasta que son capaces de realizado en su totalidad.
4. Si el algoritmo es complejo, se empieza enseñando la 1ª operación, que los alumnos practican en ejercicios. El docente proporciona las ayudas y feedback necesarios hasta que la dominen, discriminando las operaciones que sean semejantes.

A continuación, el docente enseña la 2ª operación y los alumnos practican las operaciones 1ª y 2ª hasta que las dominen. Hay que tener en cuenta que, si el algoritmo es ramificado, puede haber varias segundas operaciones paralelas. Enseña la 3ª, y así sucesivamente.

En todo caso, los alumnos repiten la práctica en casos progresivamente más complejos que requieran el mismo algoritmo.

c. Verificación

Aunque hay métodos sofisticados, el más usual para verificar un modelo hipotético de algoritmo es exponerlos a los alumnos y observar su actuación. Si el modelo les ayuda a actuar como expertos, se acepta como correcto; de lo contrario, se modifica y mejora. Así vamos corrigiendo, clase tras clase y curso tras curso, nuestro modelo a través de la instrucción ordinaria.

B) Estrategias para enseñar procesos heurísticos

Hay personas con una capacidad innata para la resolución heurística de problemas,

otras adquieren esa capacidad mediante el aprendizaje de los procesos que permiten resolver problemas eficazmente. Por el contrario, también hay personas que rehúyen la resolución de problemas y que se imponen a sí mismas limitaciones que en principio no tenían por qué existir, creándose, además, una tendencia natural a evitar dichas situaciones. Así, podemos encontrarnos con alumnos que, tras haber tenido inicialmente dificultades para resolver problemas matemáticos, se van creando una nueva realidad; su ineptitud para las matemáticas, que en principio no existía.

El proceso de solución de un problema, entendido en su sentido amplio como objetivo de aplicación en materias científicas y sociales, supone, por un lado, comprender la naturaleza del problema y representarlo; y por otro, investigar medios de relacionar datos e incógnitas, y solucionarlo. Ambas tareas, representación e investigación, suelen ser complejas y difíciles, por lo que no pueden darse reglas fijas, sino sólo estrategias heurísticas. La mayoría de estas estrategias son específicas de cada asignatura, sin embargo, se pueden citar algunas comunes:

Representación

Conviene tener en cuenta las distintas clases de representación:

Representación interna

Para entender un problema, el experto crea o imagina en su memoria operativa objetos y relaciones que se corresponden con los objetos y relaciones del problema vistos por él; puesto que son creaciones del individuo, cada uno puede crear representaciones internas diferentes del mismo problema. Es el medio con el que pensamos, por lo que las representaciones internas son esenciales para una solución inteligente de problemas.

Una representación interna no es una copia del enunciado, que se reproduce todos los datos sin añadir nada. De hecho, es todo lo contrario; se trata de un proceso muy activo en el que la persona añade, suprime e interpreta la información, haciendo juicios sobre la relevancia, o no, de los datos que se le brindan. A veces hacemos esto tan natural y automáticamente que tomamos como observación lo que es en realidad interpretación.

La representación del problema activa el conocimiento que de él tiene el sujeto. Este conocimiento se aplica a la situación-problema, es lo que se conoce como transferencia. Estos procesos -representación y transferencia - son interactivos, de manera que si, al aplicar el conocimiento, se llega a la conclusión de que no es pertinente, se formará una nueva representación, que activará un conocimiento distinto.

Y así sucesivamente, hasta que se solucione o se renuncie al problema.

Para entender la naturaleza del problema, puede ayudar el expresar las condiciones sin distinguir en un primer momento entre datos conocidos e incógnitas desconocidas, por medio de representaciones enactivas, icónicas y simbólicas. Hay personas que las representan con una gran riqueza imaginativa, con palabras, sonidos, imágenes visuales, colores, movimiento de dedos, etc.

Los elementos básicos, o "espacio" de un problema, que deben representarse, son la meta o resultado siempre, y la situación inicial, operadores y condiciones cuando estén presentes.

Ejemplo:

1. Objetivo o resultado:

Describir la variación de las **propiedades** de los elementos químicos.

2. Situación inicial:

En la tabla periódica a partir del **grupo IA** (Li, Na, K, Rb, Cs y Fr)

3. Operadores o acciones que cambian el estado del problema:

Avanzando a lo largo de un período de izquierda a derecha. Luego en los grupos de arriba hacía abajo.

4. Condiciones restrictivas de los operadores:

Sin embargo, al avanzar en la tabla periódica no pueden saltarse períodos ni grupos.

Representación externa

A veces se pueden resolver los problemas usando sólo las representaciones internas.

Ejemplos:

- Expresar dos mililitros en litros: $2 \text{ mL} = 2 \times 10^{-3} \text{ L}$
- Balancear mentalmente ecuaciones sencillas.

Pero la mayoría, sin embargo, son muy difíciles de resolver sin la ayuda de representaciones externas; aunque hay que tener en cuenta que sólo ayudarán si son reflejo de representaciones internas. Estas representaciones externas ayudan a tener presente la información inicial y las relaciones entre datos, así como a ir almacenando

conclusiones y nuevos datos obtenidos en operaciones intermedias. Son de especial importancia las representaciones externas cuando los datos cambian a lo largo del tiempo.

Ejemplo:

Al jugar al ajedrez, es de gran ayuda mirar las piezas en el tablero; pero antes de mover una, imaginamos el movimiento y las consecuencias; es más, no podríamos mover las piezas inteligentemente si no tuviéramos una representación mental de sus movimientos.

Modos de representación externa

Son abundantes y específicos de cada materia. Entre los más comunes se pueden citar:

a) **Convencionalismos**

Signos, símbolos y abreviaturas, muchas veces arbitrarios, que se adoptan en cada disciplina para manipular, presentar y comunicar objetos, ideas o fenómenos.

Ejemplos:

1. Los elementos químicos se representan mediante símbolos que son combinaciones de letras. La primera letra del símbolo de un elemento es siempre mayúscula, pero la segunda y la tercera son siempre minúsculas. Por ejemplo, Co es el símbolo del elemento cobalto, mientras que CO es la fórmula de la molécula de monóxido de carbono. A continuación se presentan algunos elementos comunes y sus símbolos.

Tabla 1.1 Algunos elementos comunes y sus símbolos

Nombre	Símbolo	Nombre	Símbolo	Nombre	Símbolo
Aluminio	Al	Flúor	F	Oxígeno	O
Arsénico	As	Oro	Au	Fósforo	P
Bario	Ba	Hidrógeno	H	Platino	Pt
Bismuto	Bi	Yodo	I	Potasio	K
Bromo	Br	Hierro	Fe	Silicio	Si

Calcio	Ca	Plomo	Pb	Plata	Ag
Carbono	C	Magnesio	Mg	Sodio	Na
Cloro	Cl	Manganeso	Mn	Azufre	S
Cobalto	Co	Níquel	Ni	Tungsteno	W
Cobre	Cu	Nitrógeno	N	Cinc	Zn
Cromo	Cr	Mercurio	Hg	Estaño	Sn

2. Sistema Internacional de Unidades (abreviado SI, del francés Le Systeme International d'Unites). En la tabla 1.2 se muestran las siete unidades SI básicas

Tabla 1.2 Unidades SI básicas

Cantidad básica	Nombre de la unidad	Símbolo
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	k
Tiempo	segundo	s
Corriente eléctrica	ampere	A
Temperatura	kelvin	K
Cantidad de sustancia	mol	mol
Intensidad luminosa	candela	cd

3. Las unidades SI cambian en múltiplos de 10 mediante una serie de prefijos como los que se muestran en la tabla 1.3

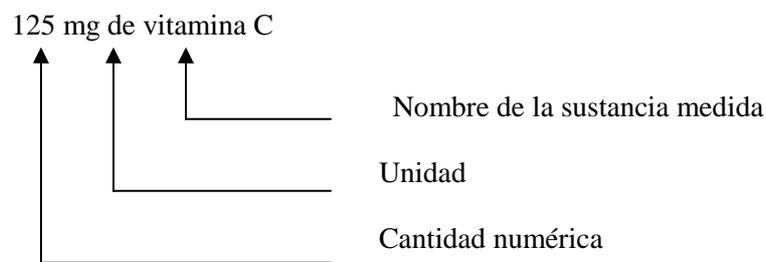
Tabla 1.3 Algunos prefijos utilizados con unidades SI

Prefijo	Símbolo	Significado	Ejemplo
Tera	T	1 000 000 000 000 o 10^{12}	1 terametro (Tm) = 1×10^{12} m
Giga	G	1 000 000 000 o 10^9	1 gigametro (Gm) = 1×10^9 m
Mega	M	1 000 000 o 10^6	1 megametro (Mm) = 1×10^6 m
Kilo	k	1000 o 10^3	1 kilómetro (Km) = 1×10^3 m
Deci	d	1/10 o 10^{-1}	1 decímetro (dm) = 0.1 m
Centi	c	1/100 o 10^{-2}	1 centímetro (cm) = 0.01 m
Mili	m	1/1000 o 10^{-3}	1 milímetro (mm) = 0.001 m
Micro	μ	1/1 000 000 o 10^{-6}	1 micrómetro (μ m) = 1×10^{-6} m
Nano	n	1/1 000 000 000 o 10^{-9}	1nanómetro (nm) = 1×10^{-9} m
Pico	p	1/1 000 000 000 000 o 10^{-12}	1 picómetro (pm) = 1×10^{-12} m

4. Escalas de temperatura: Actualmente se encuentran en uso tres escalas de temperatura. Sus unidades son K (Kelvin), °C (grado Celsius) y °F (grado Fahrenheit).
5. La forma aceptada para anotar el número atómico y el número de masa de un átomo de un elemento X es la que sigue: ${}^A_Z X$

Donde: Número de masa (A) y número atómico (Z)

6. Un valor de medición se compone de tres partes, la cantidad numérica, la unidad y el nombre de la sustancia, que es preciso incluir siempre que se registren datos. Por ejemplo, considérese la cantidad que sigue:



7. Para convertir una cantidad y unidades dadas a otra cantidad y unidades deseadas se elige el factor de conversión que permite la cancelación de la unidad que no deseas.

Cantidad conocida y unidades \times Factor(es) de conversión = Respuesta en las unidades deseadas.

Algunos factores de conversión de longitudes métricas:

$$\text{Dado: } 1m = 100cm$$

Factores de conversión

$$\frac{1m}{100cm} \text{ ó } \frac{100cm}{1m}$$

$$\text{Dado: } 1m = 1000m$$

Factores de conversión

$$\frac{1m}{1000mm} \text{ ó } \frac{1000mm}{1m}$$

De lo anterior: $100\text{cm} = 1000\text{mm}$

$$\text{ó } 1\text{cm} = 10\text{mm}$$

Factores de conversión:

$$\frac{1\text{cm}}{10\text{mm}} \text{ ó } \frac{10\text{mm}}{1\text{cm}}$$

Ejemplo:

Un pequeño tornillo tiene una longitud de 2.3 cm. ¿Cuál es su longitud en milímetros?

Solución

Escribe la cantidad conocida.

$$2.3 \text{ cm}$$

Desarrolla un plan empleando factores de conversión para obtener las unidades deseadas.

$$\text{Plan: } \text{cm} \rightarrow \text{mm}$$

Utiliza el factor o factores de conversión apropiados para eliminar los centímetros o obtener milímetros.

$$\frac{1\text{cm}}{10\text{mm}} \text{ ó } \frac{10\text{mm}}{1\text{cm}}$$

Multiplica la cantidad original por el factor de conversión apropiado para eliminar los centímetros, que es la unidad por convertir, y obtener la respuesta deseada en milímetros.

$$2.3\text{cm} \times \frac{10\text{mm}}{1\text{cm}} = 23\text{mm}$$

8. Un número en notación científica tiene dos cantidades que se multiplican, en la forma

$$n \times 10^p$$

Donde n es un número entre 1 y 10 que se multiplica por 10 elevado a una potencia p. Por ejemplo,

$$345.8 = 3.458 \times 10^2$$

$$0.00456 = 4.56 \times 10^{-3}$$

9. Mediciones de la temperatura

$$^{\circ}\text{F} = (1.8 \times ^{\circ}\text{C}) + 32$$

$$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32)/1.8$$

$$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$$

10. El calor específico se expresa en $\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$ o $\text{J/g}^{\circ}\text{C}$

Tabla: calores específicos de algunas sustancias a 25 °C

Sustancia	Calor específico	
	$\text{J/g}^{\circ}\text{C}$	$\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$
Aluminio (s)	0.900	0.215
Latón (s)	0.385	0.092
Cobre (s)	0.385	0.0922
Alcohol etílico (l)	2.45	0.586
Oro (s)	0.129	0.0308
Hierro (s)	0.448	0.107
Plomo (s)	0.129	0.0308
Magnesio (s)	1.02	0.244
Mercurio (l)	0.139	0.0332
Plata (s)	0.236	0.0564
Acero (inoxidable)	0.50	0.12
Agua (l)	4.184	1.00
Zinc (s)	0.385	0.0922

* Sólido (s), líquido (l), gas (g).

Cuando se transfiere calor a cierta cantidad de una sustancia, la temperatura cambia.

Masa de sustancia $\times (\Delta T) \times$ Calor específico = Calor ganado o perdido

Gramos $\times ^{\circ}\text{C} \times \text{J/g}^{\circ}\text{C} = \text{Joules}$

Gramos $\times ^{\circ}\text{C} \times \text{cal/g}^{\circ}\text{C} = \text{calorías}$

Ejemplo

¿Cuántos joules se necesitan para cambiar la temperatura de 225 g de plomo, de 5.0 °C a 25.0° C?

Simbología

El uso de símbolos, como la taquigrafía, es una manera conveniente de transmitir mucha información en forma compacta. Es la forma más eficiente de comunicación de que dispone un químico. El aprendizaje de estos símbolos se parece mucho al de una lengua extranjera. Una vez que se denomina un cierto vocabulario básico, el resto es más fácil.

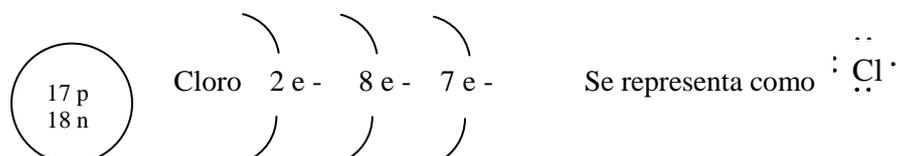
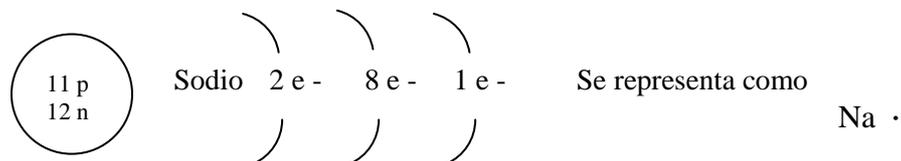
1. Lectura de átomos en una fórmula química

La fórmula del fosfato de amonio $(\text{NH}_4)_3 \text{PO}_4$, representa 3 átomos de N, 12 átomos de H, 1 átomo de P y 4 átomos de O.

Toda cantidad que aparezca dentro de un *paréntesis en una fórmula química* deberá multiplicarse por el subíndice que sigue inmediatamente al cerrar el paréntesis.

2. Electrones de valencia y símbolos de Lewis

Los electrones de valencia (los que están en el nivel externo de energía de un átomo) son de especial importancia, pues intervienen en las reacciones químicas. La representación de Lewis para los elementos es denotar los electrones de valencia como puntos. Los símbolos de electrón-punto de Lewis son más convenientes que un diagrama de Bohr.

*Diagrama de Bohr**Símbolo de Lewis*

3. Subniveles de energía y orbitales

De acuerdo con los cálculos de la mecánica cuántica, cada nivel de energía de un átomo está constituido por uno o más **subniveles** (a veces llamados **subcapas**). El primer nivel de energía tiene solo un subnivel; el segundo nivel energético tiene dos subniveles; el tercer nivel cuenta con tres subniveles y así sucesivamente. En otras palabras el nivel de energía n tiene n subniveles.

Tabla 1. Niveles de energía, subniveles y orbitales de los átomos

Nivel principal de energía, n	Número de subniveles	Tipo de orbital	Número de orbitales	Número máximo de electrones por subnivel	Número máximo total de electrones
1	1	1s	1	2	2
2	2	2s	1	2	8
		2p	3	6	
3	3	3s	1	2	18
		3p	3	6	
		3d	5	10	
4	4	4s	1	2	32
		4p	3	6	
		4d	5	10	
		4f	7	14	

Cada subnivel tiene uno o más orbitales atómicos que poseen una forma tridimensional específica. *Los orbitales se designan mediante las letras minúsculas s, p, d y f.* Además, cada orbital puede contener un máximo de dos electrones (un par), que deberán tener espín opuesto. En la tabla 1 se resume la información.

4. Configuraciones electrónicas y diagramas de orbitales

Los electrones de los átomos en estado basal ocupan primero los subniveles de más baja energía y es conveniente disponer de la configuración electrónica para representar esta distribución de manera concisa. Como ejemplo tomaremos la configuración electrónica del átomo más sencillo, el de hidrógeno, $1s^1$.

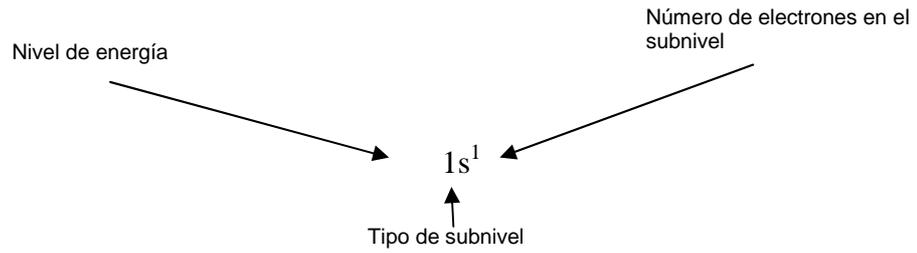
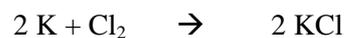
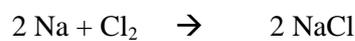


Tabla 2. Configuraciones electrónicas y diagramas de orbitales para los átomos de los primeros 20 elementos

<i>Nombre</i>	<i>Número atómico</i>	<i>Configuración electrónica</i>	<i>Diagrama de orbitales</i>
PERÍODO 1			
Hidrógeno	1	$1s^1$	s p ↑
Helio	2	$1s^2$	↑↓
PERÍODO 2			
Litio	3	$1s^2 2s^1$	[He] ↑
Berilio	4	$1s^2 2s^2$	[He] ↑↓
Boro	5	$1s^2 2s^2 2p^1$	[He] ↑↓ ↑ ○ ○
Carbono	6	$1s^2 2s^2 2p^2$	[He] ↑↓ ↑ ↑ ○
Nitrógeno	7	$1s^2 2s^2 2p^3$	[He] ↑↓ ↑ ↑ ↑
Oxígeno	8	$1s^2 2s^2 2p^4$	[He] ↑↓ ↑↓ ↑ ↑
Flúor	9	$1s^2 2s^2 2p^5$	[He] ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑
Neón	10	$1s^2 2s^2 2p^6$	[He] ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓
PERÍODO 3			
Sodio	11	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$	[Ne] ↑
Magnesio	12	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$	[Ne] ↑↓
Aluminio	13	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$	[Ne] ↑↓ ↑ ○ ○
Silicio	14	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$	[Ne] ↑↓ ↑ ↑ ○
Fósforo	15	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$	[Ne] ↑↓ ↑ ↑ ↑
Azufre	16	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$	[Ne] ↑↓ ↑↓ ↑ ↑
Cloro	17	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$	[Ne] ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑
Argón	18	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$	[Ne] ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓
PERÍODO 4			
Potasio	19	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$	[Ar] ↑
Calcio	20	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$	[Ar] ↑↓

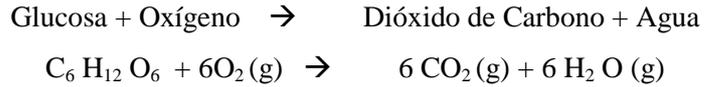
5. Enlaces iónicos

Los enlaces iónicos se forman por una transferencia completa de electrones donde se genera una fuerza de atracción entre iones con carga opuesta. La siguiente ecuación representa la reacción del sodio con el cloro (un gas diatómico, Cl_2) para formar cloruro de sodio, NaCl .



6. Ecuaciones químicas

Las ecuaciones químicas se emplean para representar, mediante símbolos, lo que sucede durante la reacción. La reacción de la glucosa (un azúcar) con oxígeno gaseoso durante el metabolismo, con producción de dióxido de carbono y agua, se puede escribir como ecuación química con palabras o con símbolos (fórmulas químicas).



En el lado izquierdo de la ecuación aparecen los reactivos separados por el signo de adición (+). Los productos se hallan en el lado derecho de la ecuación. Una flecha (\rightarrow), que se lee como produce, separa los reactivos de los productos.

b) Gráficas, dibujos y esquemas

Ejemplos:

Figura 1. Volúmenes métricos aproximados

Volúmenes de sólidos

Metro³ (m³)
Centímetro³ (cm³)

Volúmenes de líquidos

Litro (L)
Mililitro (mL), también cm³ o cc
Microlitro (uL)



Volumen	Tamaño aproximado
1 mL	20 gotas de un gotero medicinal
5 mL	1 cucharadita
250 mL	1 taza
1 L	Un poco más de un cuarto

Figura 2. Fracción que representa una gota en una cubeta de 5 galones.

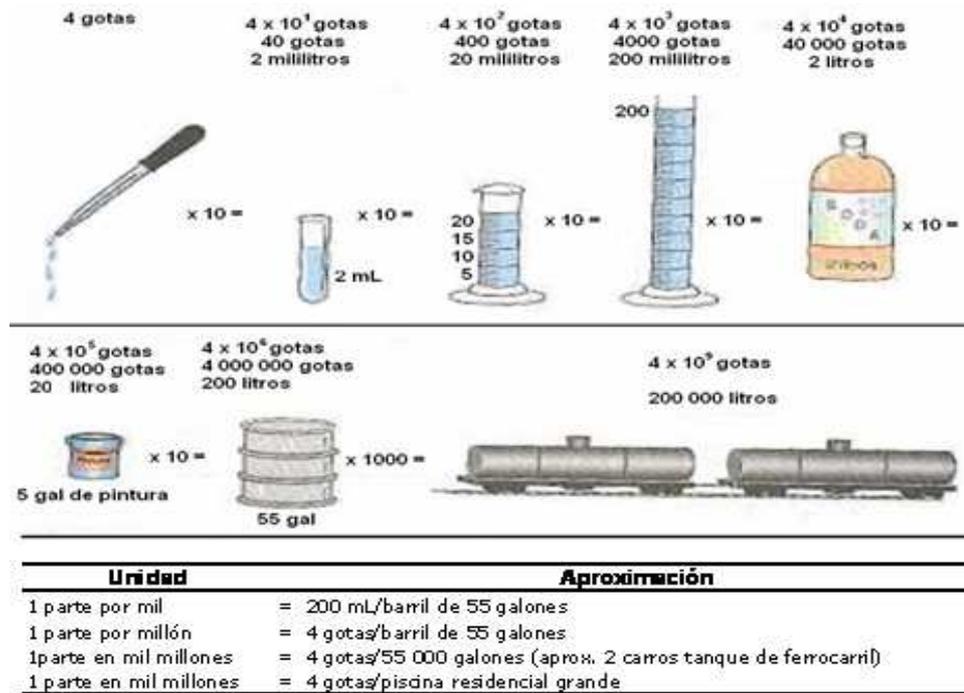


Figura 3. Símbolos primitivos para representar algunas sustancias químicas.

Símbolo de los alquimistas	Nombre del elemento	Símbolo moderno
	Oro	Au
	Plata	Ag
	Azufre	S
	Cobre	Cu

Figura 4. La ley de las proporciones definidas. Cada compuesto contiene tipos específicos de átomos que se encuentran combinados en proporciones específicas de masa, sin que importe el tamaño de la muestra.

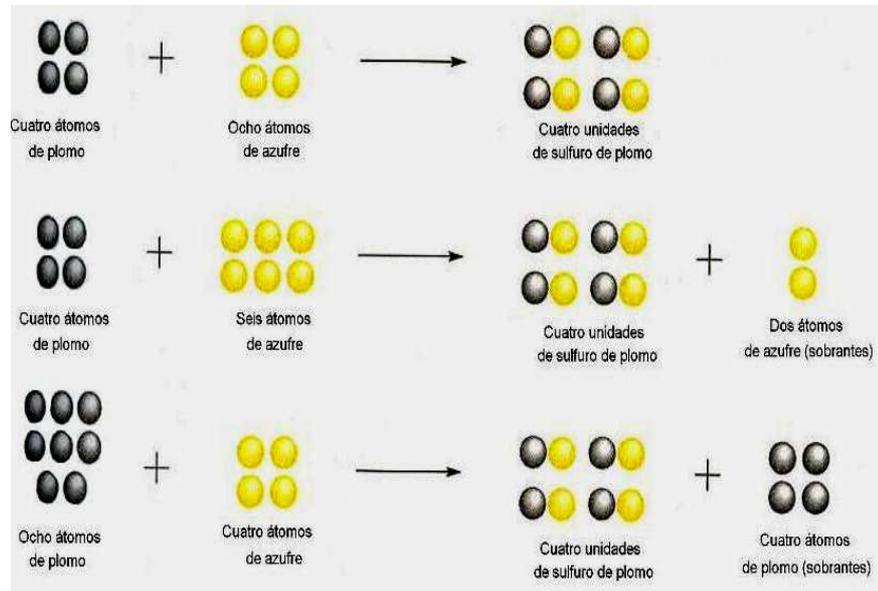


Figura 5. Desde los tiempos de Dalton a los de Schrödinger, el modelo del átomo ha sufrido múltiples modificaciones.

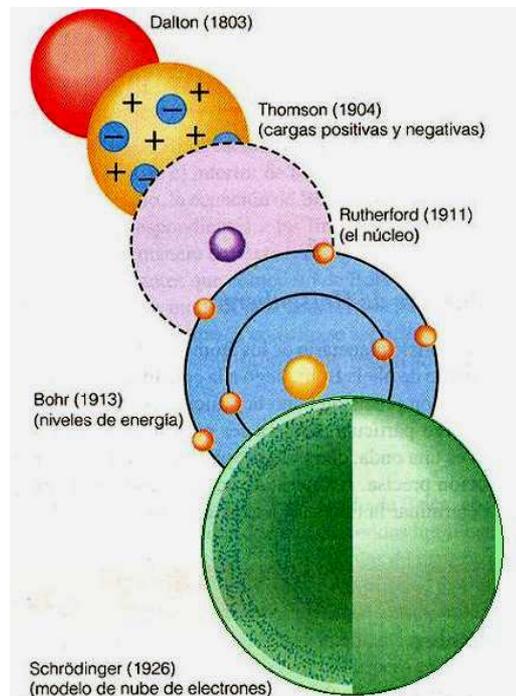
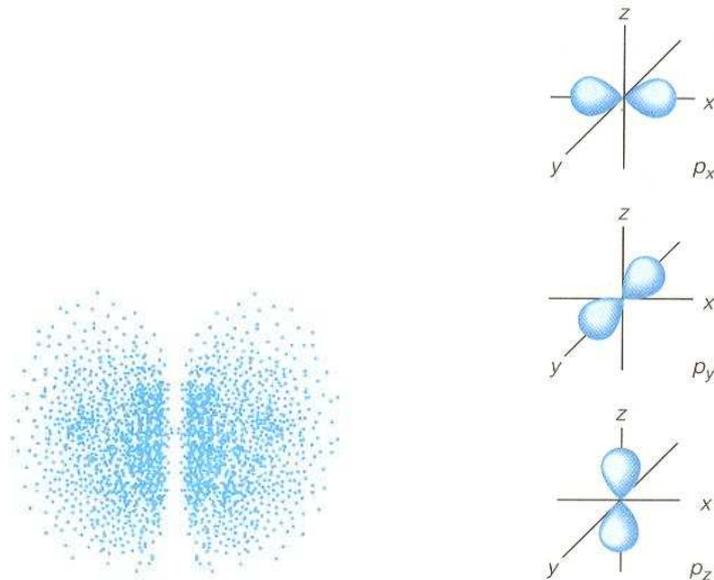


Figura 6. Representaciones de orbitales p.



(a) Representaciones de nube de carga de un orbital p.

(b) Representaciones de contorno de orbitales p. Los tres orbitales p difieren sólo en su orientación en el espacio.

Figura 7. Representaciones de los tres orbitales p sobre los mismos ejes para dar un subnivel p capaz de alojar un máximo de tres pares de (seis) electrones.

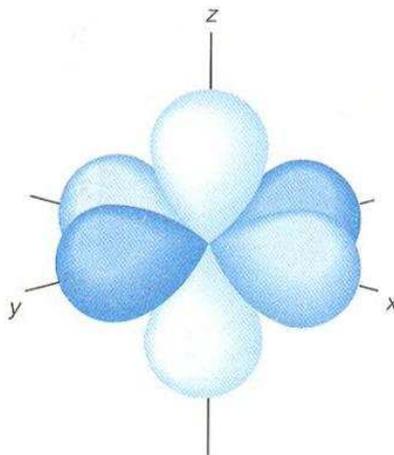
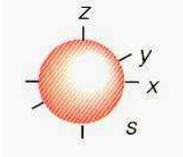
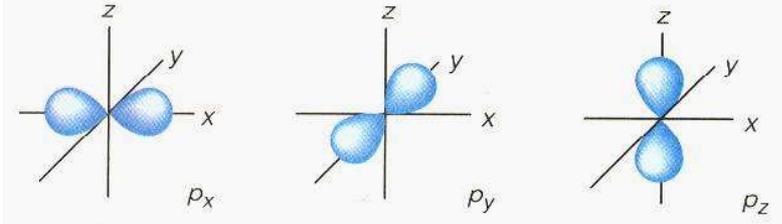
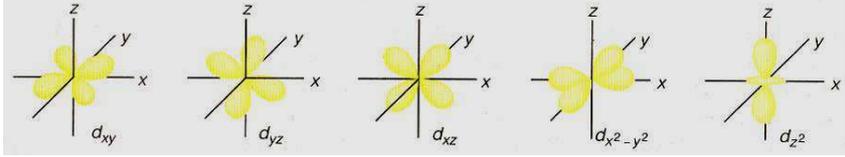


Figura 8. Orbitales atómicos

Subnivel	Formas de los orbitales	Orbitales por subnivel	Lóbulos por orbital
s		1	1
p		3	2
d		5	4*
f	Siete formas complejas	7	8*

* El número de lóbulos para un orbital *d* y tres de siete orbitales *f* es inferior al número que se especifica.

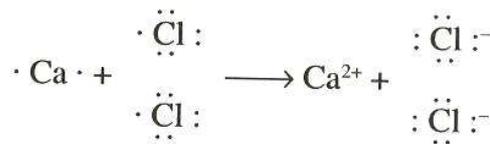
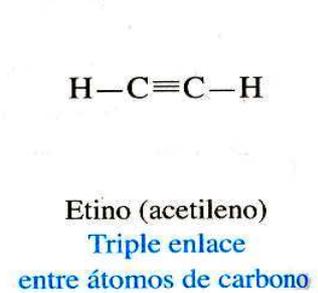
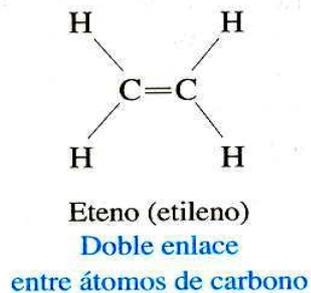
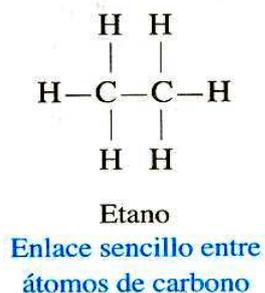
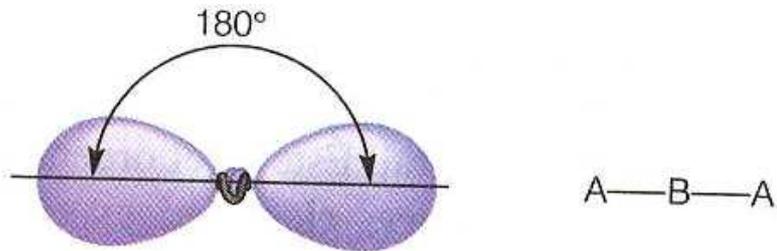
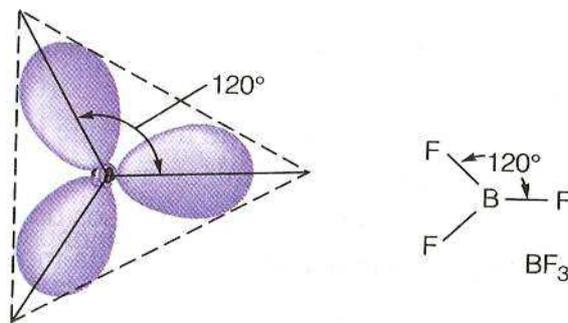
Figura 9. Símbolos de electrón – punto de Lewis para representar la reacción del Ca con el Cl, para formar CaCl₂**Figura 10.** Enlaces covalentes

Figura 11. La forma de las moléculas: Modelo de globos y repulsión de pares de electrones.

(1) **Arreglo lineal** (Tienden a apuntar en direcciones opuestas)



(2) **Arreglo plano trigonal** (Tienden a colocarse en el mismo plano)



(3) **Arreglo tetraédrico** (Se sitúan lo más alejados uno de los otros)

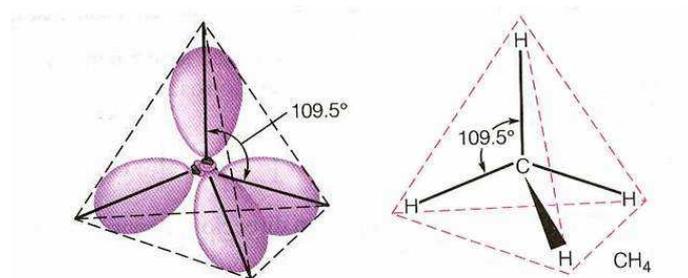


Figura 12. Los puentes de hidrógeno entre moléculas de agua son responsables de los puntos de fusión y de ebullición del agua anormalmente elevados, en comparación con otras moléculas de masa molecular semejante.

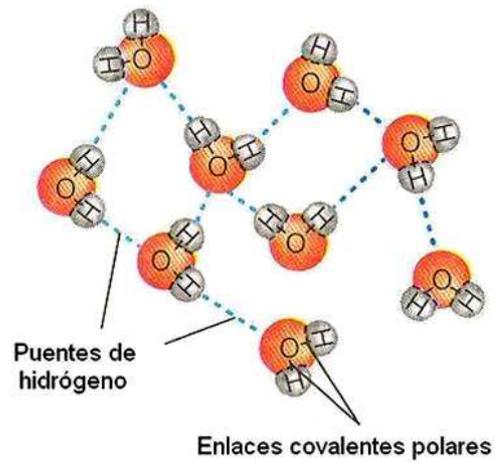
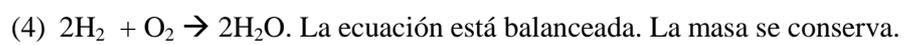
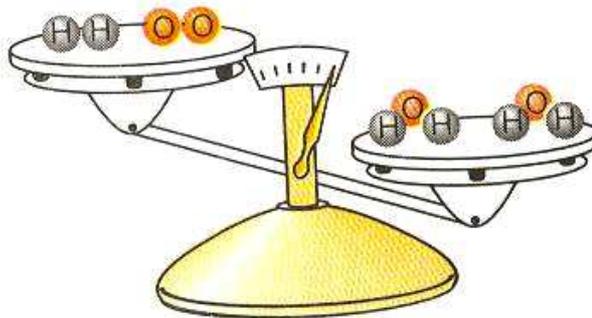
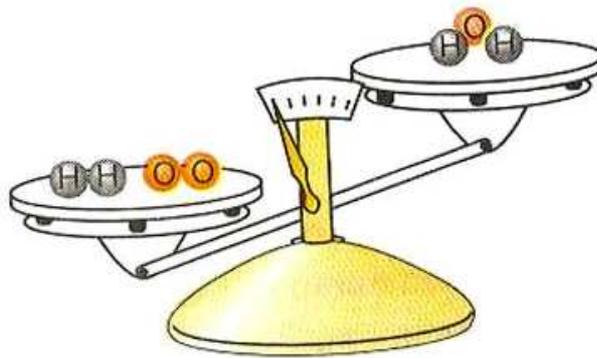


Figura 13. Balanceo de una mezcla de hidrógeno y oxígeno para producir agua.



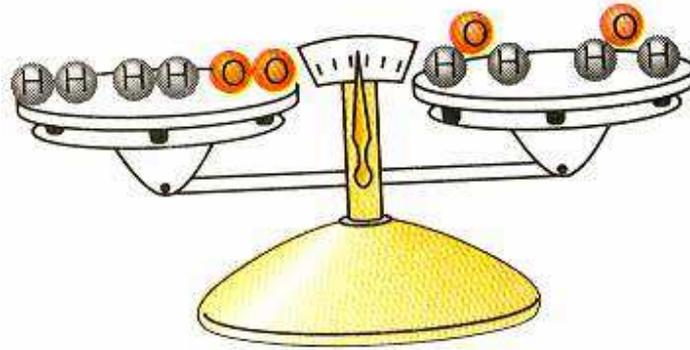
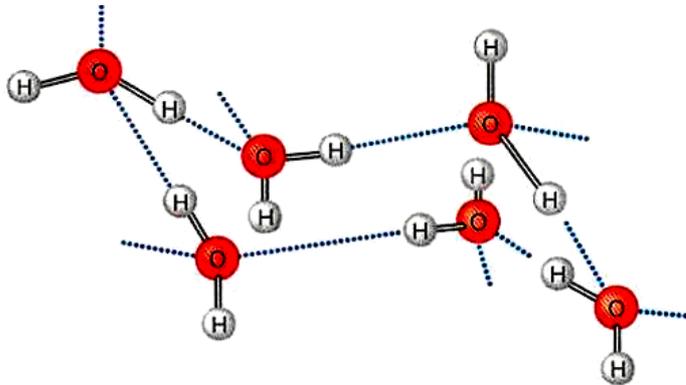


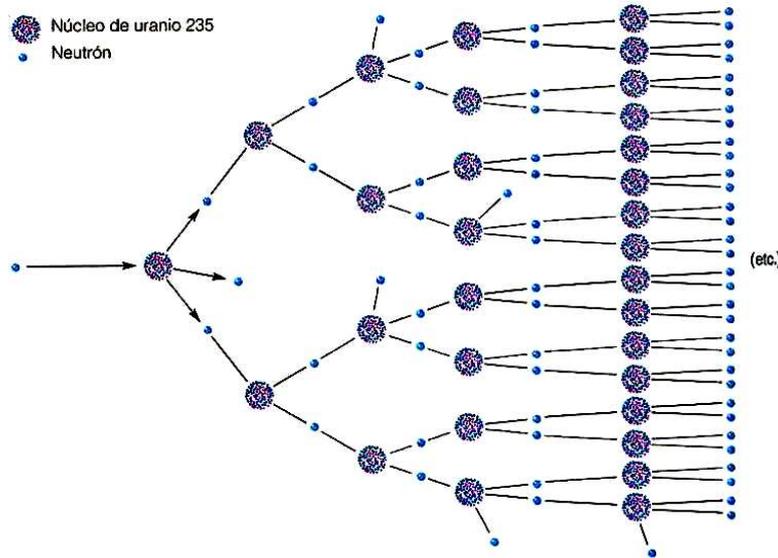
Figura 14. Arreglos hexagonales debido a puentes de hidrógeno.

- (1) Los puentes de hidrógeno del hielo se indican aquí mediante líneas punteadas entre estructuras de varillas y esferas de moléculas de agua. Cada molécula de agua tiene dos átomos de hidrógeno y dos pares de electrones no enlazantes que pueden participar en la formación de puentes de hidrógeno con otras moléculas. Estas atracciones intermoleculares hacen que las moléculas de agua formen ordenamientos cristalinos hexagonales.



- (2) El ordenamiento hexagonal presente en el hielo es menos compacto que el agua líquida, representada por la estructura cristalina abierta.

Los neutrones que se liberan en la fisión de un núcleo de uranio 235 pueden golpear otro núcleo, haciendo que se divida y libere más neutrones. Para mayor sencillez no se muestran los fragmentos de la fisión.



c) Representaciones tabulares

Al trabajar con problemas en las que interviene la ley de Boyle, la ley de Charles o la ley de Gay-Lussac que establecen las relaciones de presión y volumen, relaciones de volumen y temperatura, y relaciones de presión y temperatura respectivamente; es útil construir tablas de doble entrada en las que se listan las condiciones originales y finales. En problemas sencillos la misma tabulación ofrece la solución.

Ejemplos

Cuando un bote de aerosol de 500 g con una presión de 850 torr. A 21 °C se arroja al fuego, que tiene una temperatura de 450 °C ¿qué presión se puede alcanzar si el bote no revienta?

Para su solución, primero hay que hacer una lista con las condiciones iniciales y finales.

Inicial	Final
$V_1 = 17 \text{ oz.}$	$V_2 = 17 \text{ oz. (sin cambio)}$
$P_1 = 850 \text{ torr}$	$P_2 = ? \text{ torr}$
$T_1 = 21 \text{ °C}$	$T_2 = 450 \text{ °C}$

Estrategias de investigación

Entre las estrategias heurísticas o métodos de investigación más útiles, y que se pueden adquirir a través de la práctica guiada se encuentran las siguientes:

a) Ensayo y error

Cuando no se conoce la información para llegar a la solución se puede buscar por ensayo y error; que consiste en la variación, aproximación y corrección, aleatorias o sistemáticas, de las posibles acciones, hasta que surge la acertada. Esta estrategia es característica del aprendizaje psicomotor y de la mayoría de los laberintos y cajas-problema en donde no se dispone de esquemas previos.

Ejemplo

¿Cuál es la fórmula molecular del compuesto que combina C y H si se sabe que su masa molar aproximada es de 42 g y se han usado 9 moles de átomos?

Solución

1° Probar algunas respuestas y ver que algunas son posibles y otras no. Ejemplos de átomos que se habrían combinado: 8 de C y 1 de H, 2 de C y 7 de H, etc. No ejemplos: 7 de C y 6 de H, pues suman 13 átomos.

2° Deducción: Conjuntos de pares de átomos que sumen 9.

3° Lista de todas las respuestas del conjunto de respuestas aceptables

C: 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

H: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

4° Tanteo

$9 \times 12\text{g} + 0 \times 1\text{g} = 108\text{g}$, no

$8 \times 12\text{g} + 1 \times 1\text{g} = 97\text{g}$, no

$3 \times 12\text{g} + 6 \times 1\text{g} = 42\text{g}$, si

Respuesta: C_3H_6

b) Fraccionamiento

Hay problemas que requieren considerar muchos detalles, Sin embargo, las personas tienen capacidades muy limitadas de procesamiento de información y memoria a corto plazo, que les impiden enfrentarse a excesiva información o decidir entre

muchas alternativas al mismo tiempo. En estos casos se divide el problema en partes lo suficientemente pequeñas y simples para poder tratarlas.

Ejemplo:

Calcular el volumen que ocupa 1g de oxígeno a 0° C y presión normal. A continuación se calienta el gas a presión constante hasta 100° C ¿cuál es la cantidad de calor necesaria y el volumen final? A partir del estado inicial, se calienta hasta 80° C a volumen constante ¿cuál es la cantidad de calor necesaria y la presión final? Se conocen los siguientes datos: $M_m = 32\text{g/mol}$; $\gamma = C_p/C_v = 1.4$; y la relación de Mayer: $C_p - C_v = R \approx 2 \text{ cal/mol } ^\circ\text{K}$.

Para resolverlo, es necesario fraccionarlo en cinco problemas que se tratan como si fuesen independientes

- 1) V_1 (en c.n.).
- 2) Q_1 (a 100° C, para lo que es necesario conocer el calor molar o específico a presión constante).
- 3) V_2 (a 100°)
- 4) Q_2 (a 80° C, para lo que es necesario conocer el calor molar o específico a volumen constante).
- 5) P (a 80° C).

Solución

- 1) $V_1 = 1/32.22^4 = 0.7 \text{ l}$
- 2) $Q_1 = mC \Delta t = 1.7/32.100 = 21.8 \text{ cal}$
- 3) $V_1 = V_0 (1 + \alpha t) = 0.7 (1 + 100/273) = 0.95 \text{ l}$
- 4) $Q_2 = mC \Delta t = 1.5/32.80 = 12.5 \text{ cal}$
- 5) $P = P_0 (1 + \alpha t) = 1(1 + 80/273) = 1.29 \text{ atm}$

c) Análisis medios-fines o aproximación

Es un fraccionamiento secuenciado por el que se descompone el problema en subproblemas; cada uno de los cuales se subdivide a su vez en más, y así sucesivamente hasta que los subproblemas resultantes sean solubles. En el momento de resolverlo, se empieza por estos últimos subproblemas, a continuación los

anteriores, hasta llegar al problema total. La dificultad está en seleccionar precisamente aquellos subproblemas que lleven a la meta.

Este método es una versión explícita de lo que la mayoría de nosotros hace informal y espontáneamente en la vida diaria, y de lo *que* los expertos suelen hacer en el proceso de resolución de problemas: intentamos tomar decisiones resolviendo dificultades parciales y concretas, acercándonos paso a paso, reduciendo la distancia entre el estado inicial y final, hasta llegar a la meta deseada. La pregunta clave es: ¿qué paso puedo dar a continuación que me acerque a la meta? Esta estrategia de "divide y vencerás" es obviamente útil, aunque, por ser heurística, no garantiza el éxito, puesto que descomposiciones arbitrarias pueden llevar a subproblemas insolubles.

Los pasos serían:

1. Describir el problema, identificando los datos y las incógnitas.
2. Escribir una lista de diferencias entre la situación inicial y la meta (Si no hay diferencias, el problema está resuelto).
3. Seleccionar una diferencia o subproblema; es decir, identificar alguna dificultad, comparando la información de la situación actual (datos) con la meta (incógnitas). Cada una de estas dificultades identifica y lleva a un subproblema, cuya solución reduciría o eliminaría esta dificultad.
4. Buscar un operador adecuado para reducir la diferencia; es decir, un procedimiento útil para solucionar el subproblema elegido, y aplicarlo.

Para seleccionar un método entre varios posibles, se toman decisiones a partir de las consecuencias anticipadas de las alternativas contempladas; esto es:

- Predecir y estimar la utilidad, de las principales consecuencias de la mejor de las alternativas aún no estudiadas; por ejemplo: ¿Es preferible combinar ecuaciones conocidas para eliminar algunas variables desconocidas, o construir nuevas ecuaciones para recoger más información sobre las magnitudes desconocidas? ¿Es mejor aplicar la 2ª Ley de Newton o el Principio de Conservación de la Energía?
- Identificar la alternativa más útil entre las estudiadas.
- Seleccionar esta alternativa si parece que es tan útil que no merece la

pena seguir estudiando otras nuevas; de lo contrario, estudiar de la misma manera nuevas alternativas hasta encontrar la mejor.

- Revisar la selección, si es necesario, poniendo en práctica la alternativa seleccionada. Si la utilidad real no es satisfactoria, volver atrás y repetir el proceso a partir de esta nueva información.

Conviene recalcar que el estudio de las consecuencias anticipadas debe hacerse de una manera general y cualitativa, lo suficiente para hacer una estimación de su posible utilidad.

Este proceso de toma de decisiones requiere valorar y seleccionar a partir de informaciones cada vez más refinadas. Después de resolver cada subproblema, cambia la información que se tiene del problema; por tanto, uno se enfrenta realmente a uno nuevo, al que se le puede aplicar el mismo procedimiento, y así sucesivamente hasta llegar a la meta. El primer paso, la identificación de las alternativas posibles, requiere, pues, hacer selecciones a partir de la primera información solamente. El segundo paso, la selección de una alternativa útil, se realiza conociendo además las consecuencias anticipadas. Finalmente, el último paso, la posible revisión, se hace conociendo la información sobre las consecuencias reales de su puesta en práctica.

5. Si no se encuentra operador, pasar a la diferencia siguiente.

Si se terminan las diferencias sin encontrar operador, concluir que no se sabe resolver el problema.

Ejemplo

¿Qué volumen de HCl 10 M se necesitará para preparar 6.24 litros de Cl₂ medidos a 700 torr y 27 ° C ?

La reacción es:



Datos

$$P = 700 \text{ torr}$$

$$T = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

$$V = 6.24$$

Incógnita: M

Fórmula: $V = n_2/M$

1° Subproblema: n_2

Fórmula: $n_2 = (16 \text{ moles HCl} \times n_1)/5 \text{ moles Cl}_2$

2° Subproblema: n_1

Fórmula: $n_1 = PV/RT$

Elaboración:

Se calcula primero el 2° subproblema, cuyos parámetros conocemos, y a continuación los anteriores en sentido inverso al diseño, hasta llegar a la incógnita inicial.

$$n_1 = (700 \times 6.24) / (62.4 \times 300) = 0.233$$

$$n_2 = (16 \times 0.233) / 5 = 0.74$$

$$M = n_2 / V = 0.74 / 10 = 74 \text{ cm}^3$$

d) Simplificación

Para no perderse entre los detalles de problemas complejos, los expertos prescinden inicialmente de alguna información que impide ver el camino hacia la solución; una vez solucionado el problema simplificado, se generaliza a situaciones más complejas. Es decir, si un problema tiene varias restricciones, se empieza resolviendo un problema similar pero más simple, por ejemplo sólo con una restricción, luego con dos y así sucesivamente, por medio de una planificación progresiva.

Ejemplos:

En química inorgánica el Kernel es una forma de simplificación de la configuración electrónica de un elemento sustituyendo los electrones anteriores a la capa de valencia por la configuración del gas noble al que corresponden entre corchetes y seguido de los electrones restantes.

Así la configuración del Litio (Z=3) sería: $1s^2 2s^1$. El Helio (Z=2) es $1s^2$, por lo que el kernel del Li sería el siguiente: $[\text{He}] 2s^1$

Mg (Z=12): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$. Su kernel sería: $[\text{Ne}] 3s^2$

Y (Z=39): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^1$. Su kernel sería: $[\text{Kr}] 4d^1 5s^2$

e) Generalización/Especificación

Se considera el problema como un caso particular y concreto de un problema más

general y abstracto, para el que se tiene algún esquema.

Ejemplo: Ley de las proporciones múltiples o ley de Dalton

Las investigaciones posteriores que los químicos realizaron para determinar en qué proporciones se unen los elementos químicos proporcionaron aparentes contradicciones con la ley de Proust, pues en ocasiones los elementos químicos se combinan en más de una proporción. Así, por ejemplo, 1g de nitrógeno se puede combinar con tres proporciones distintas de oxígeno para proporcionar tres óxidos de nitrógeno diferentes, así:

Compuesto	Masa de N (g)	Masa de O (g)
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	1	2,28
Monóxido de nitrógeno (NO)	1	1,14
Óxido de nitrógeno (N ₂ O)	1	0,57

Fue John Dalton (1776-1844) quien en 1803 generalizó este hecho con numerosos compuestos, observando que cuando dos elementos se combinan entre sí para formar compuestos diferentes, las diferentes masas de uno de ellos que se combina con una masa fija de otro, guardan entre sí una relación de números enteros sencillos. De forma que en nuestro ejemplo:

$$2,28 / 1,14 = 2 \quad ; \quad 2,28 / 0,57 = 4 \quad ; \quad 1,14 / 0,57 = 2$$

f) Razonamiento regresivo

Cuando no se consigue resolver un problema a partir de los datos, a veces es útil invertir el proceso; es decir, partir de la hipótesis de que el problema está resuelto e ir buscando situaciones anteriores, compatibles con las siguientes, hasta llegar a la situación inicial del enunciado. El razonamiento regresivo requiere un simple cambio en la representación, o punto de vista, en el que el punto inicial es la meta u objetivo final. El proceso se completa comprobándolo desde el enunciado a la solución.

g) Razonamiento hipotético

Una buena manera de resolver problemas es introducir condiciones que no están en el enunciado del problema: "*supongamos que...* "; o buscar datos implícitos y ocultos que, si estuvieran clarificados, disminuirían las dificultades del problema. Cuando tenemos que desenredar una madeja muy enredada, lo primero que hacemos es buscar

las puntas; puede que no las veamos, pero sabemos que cada trozo de hilo tiene dos, A continuación se sacan las consecuencias de dicha hipótesis, Se propone una nueva hipótesis, y así sucesivamente,

Ejemplo:

Cuando se balancea una ecuación se establece un sistema de ecuaciones, luego se hace una suposición al elegir un valor estimado del coeficiente mas adecuado, se estila el coeficiente de mayor frecuencia o al más simple.

Nota: La capacidad de resolver problemas depende fundamentalmente de los **esquemas personales** de problemas que hemos resuelto con alguna de estas estrategias expuestas con anterioridad y cuyo proceso interiorizamos. Cada esquema personal nos da pistas muy valiosas para resolver nuevos problemas.

Criterios de selección de métodos

Unas posibles normas para seleccionar la estrategia adecuada son las siguientes:

- Si se trata de un problema de cierta complejidad, se puede utilizar el Análisis Medio-Fines y la Simplificación.
- Si las alternativas de actuación son más numerosas trabajando desde el comienzo hacia la meta que a la inversa, o la identificación de la meta es más clara que la situación inicial, podemos intentar un Razonamiento Regresivo.
- Si las alternativas de solución son pocas, suele ser útil utilizar el Ensayo y Error.
- Si no se ve vía posible de solución a primera vista, lo adecuado es proceder a una "tormenta de ideas" para generar posibles vías de solución alternativas.

2.1.2.2 Objetivos de análisis, síntesis y valoración**Tarea del alumno**

Se trata de que los alumnos no busquen las respuestas en el docente o en los libros, sino de que piensen como científicos, cuestionen lo que se les dice y construyan sus propias teorías.

Los alumnos pueden aprender "descubriendo" a través de procesos inductivos y deductivos, analíticos y sintéticos como los citados en la enseñanza expositiva, aunque

la diferencia es que no compara y deduce el docente, sino que se fuerza al alumno a hacerlo.

Tarea del docente

El docente proporciona al alumno las ayudas indispensables, que se concretan fundamentalmente en dosificar el feedback adecuado a las respuestas del alumno, reforzando los aspectos positivos y ayudándole a rectificar sus errores. En cada momento, la acción del docente dependerá de la respuesta del alumno, por lo que las técnicas no presenciales -por escrito o informatizadas- necesitan un análisis más exhaustivo; y las técnicas presenciales exigen una improvisación mayor que la enseñanza expositiva. Las estrategias quedan muy influidas por la materia; por ejemplo, en matemáticas y ciencias predominan los sistemas muy precisos, y en historia los más abiertos.

Las estrategias de investigación -Ensayo y error, Simplificación, Razonamiento hipotético y Razonamiento regresivo- expuestas en el apartado anterior, sirven también para alcanzar objetivos de análisis, síntesis y valoración.

Bruner recomienda que los docentes fomenten el pensamiento inductivo. Por desgracia, muchas prácticas educativas frustran la intuición, que llevaría a un proceso inductivo, al sancionar las suposiciones erróneas y premiar respuestas "correctas", pero triviales y carentes de creatividad. Sin embargo, al hablar de los métodos de enseñanza en general, ya quedaron suficientemente subrayados los aspectos positivos y negativos de este enfoque didáctico.

Una vez formulado el objetivo, por ejemplo "Formular una ley que relacione I, V y R", el docente empieza presentando casos paradigmáticos del procedimiento o concepto correspondiente. Nunca conceptualiza los conflictos, fenómenos y situaciones, ni proporciona explicaciones de los hechos observados, ni da la solución a las preguntas o problemas que propone a sus alumnos.

En resumen, una vez clarificado el objetivo -variable dependiente- y los factores relevantes -variables independientes-, se propone al alumno la pregunta-problema, los casos prototipo, el proceso inductivo para relacionar dichos factores y, en su caso, la deducción correspondiente. A continuación analizamos más detenidamente el proceso:

1. Análisis previo

Se empieza analizando las variables relevantes, que se tratarán como dependiente o independientes según el objetivo.

a) **Variable dependiente**

Coincide con el objetivo que se pretende alcanzar.

b) **Variables independientes**

Son los factores relevantes necesarios y suficientes, de los que depende la variable dependiente. Cuando los factores se conectan a través de "o", cualquiera de estos factores es suficiente pero no necesario; pero cuando se conectan a través de "y", todos ellos son necesarios y ninguno es suficiente. Cualquier variable no incluida como un factor se trata como irrelevante.

Ejemplo:

Circuito de corriente continua:

Variable dependiente:

Intensidad en circuito eléctrico de corriente continua.

Variables independientes:

Los factores necesarios, pero no suficientes, que afectan la intensidad de un circuito de corriente continua son la diferencia de potencial y la resistencia.

2. Pregunta- Problema

A la hora de proponer este tipo de objetivos, es más importante formularlos en forma interrogativa, concretados en problemas interesantes, preguntas intrigantes o situaciones desconcertantes, para estimular la investigación.

Ejemplo:

Acidez:

Para estudiar el concepto de pH, se puede empezar echando diferentes sustancias en tubos con líquidos aparentemente iguales, que cambian a colores diferentes

3. Presentación de casos

El paso siguiente será ya presentar casos prototípicos variados, unos sencillos y otros complejos, representados de manera enactiva, icónica y simbólica, en donde aparezcan o falten los factores; es decir, ejemplos donde los alumnos puedan identificar los factores relevantes necesarios y suficientes, y abstraer las características comunes que les lleven a la variable dependiente, esto es, a formular el procedimiento o concepto.

Ejemplo:

Zonas contaminadas

Se ofrecen casos positivos y negativos de zonas contaminadas para que el alumno llegue a considerar los factores de los que depende la contaminación.

Casos positivos: Arequipa, Ilo, Cerro de Pasco, La Oroya.

Casos negativos: Moyabamba, Huaraz, Jaen, San Ramón, en donde los factores relevantes tienen valores que llevan a mínima contaminación.

4. Proceso deductivo-inductivo

Cuando la simple presentación de casos no es suficiente para llegar a la variable dependiente, es necesario guiar la deducción e inducción del alumno por medio de alguna de las siguientes estrategias:

a) Formulación de hipótesis

Estimular a los alumnos a relacionar los factores que afectan a la variable dependiente para llegar a formular hipótesis que expliquen el problema.

Ejemplos:

Una orbital es la zona donde hay máxima probabilidad de encontrar un electrón. En un orbital el electrón se mueve libremente.

Según Bohr, el electrón se situaba en órbitas circulares concéntricas alrededor del núcleo.

Cada órbita estaba determinada por un nivel distinto de energía.

En la teoría de orbitales se dice que cada orbital está determinado por un nivel y varios

subniveles de energía. Entonces en un mismo orbital podrán encontrarse varios electrones con el mismo nivel y distintos subniveles de energía. Mientras que en el modelo atómico de Bohr solamente podría encontrarse un electrón por cada nivel.

Daremos un ejemplo cuando el discurso se organiza en forma de relaciones de antecedente – consecuente.

Tomaremos los % para calcular la fórmula empírica. Para ello lo dividiremos por las masas atómicas [fórmula].

Ahora procederemos a dividir los tres por el menor de ellos y obtendremos la fórmula empírica [fórmula].

Fórmula empírica: [fórmula].

Ya tenemos la fórmula empírica. Ahora hay que calcular el valor de “n”. Para ello hay que obtener el peso molecular.

[Fórmula].

El peso del compuesto en su forma empírica es igual a 49.5 gr.

Luego: [fórmula].

Tomamos para m el valor 2 y nos queda como fórmula molecular.

b) Evaluación de hipótesis

Después de formular hipótesis, se debe intentar que los alumnos las comprueben, controlando sistemáticamente las otras variables independientes. El control se hace manteniendo constante un conjunto de factores, mientras se muestran las variaciones de un factor relevante para que los alumnos caigan en la cuenta de los efectos que producen en la variable dependiente. O el proceso inverso; se mantiene constante el factor relevante y se varían los otros factores para que perciban la constancia de la variable dependiente.

Con frecuencia hay que presentar sucesivamente varios casos, pero sólo de modo excepcional se aconseja manejar varios factores o varios casos a la vez.

Ejemplo:

Se selecciona los casos para variar los cuatro factores diferentes que podrían afectar la rapidez de oscilación del péndulo: la longitud de la cuerda, el peso del objeto, la altura

de donde se lanza el objeto y la cantidad de fuerza que puede usar para impulsarlo.

El alumno plantea un diseño experimental para probar todas las hipótesis posibles, variando cada factor cada vez; primero, la longitud de la cuerda, luego el peso del objeto; después, la altura desde donde lo lanza y, finalmente, la cantidad de fuerza aplicada, manteniendo en cada ocasión los demás factores constantes: Es la longitud de la cuerda, que determina la velocidad de oscilación del péndulo.

c) Contraejemplos

Si el alumno no "ve" en los casos propuestos los factores necesarios para formular una hipótesis adecuada, se puede conducir al alumno a descubrirlos proponiéndole contraejemplos.

d) Casos extremos

La presentación de casos extremos fuerza a los alumnos a tomar en consideración nuevos factores. Es otro tipo de feedback, que completa los contraejemplos.

e) Razonamiento guiado

Consiste en utilizar algunas de las estrategias anteriores enfrentando a los alumnos con factores irrelevantes como si fuesen necesarios y suficientes, y rodeándolos hasta que afloren sus errores ocultos. También se pueden rastrear las consecuencias de sus premisas hasta llegar a alguna conclusión que les haga caer en la cuenta de su error.

Ejemplo: Disolución de una gota de tinta

Se pide que los alumnos, en sus casas, experimenten y observen durante un cierto tiempo lo que ocurre en un vaso de agua en el que se ha depositado una gota de tinta (u otra sustancia coloreada) y se ha dejado totalmente en reposo durante un tiempo largo. Se pide también que traten de explicar por qué tiene el lugar el fenómeno observado.

Deben llevar a clase un informe de sus resultados en el que aparezca la explicación de lo ocurrido.

El profesor organiza el debate, en primer lugar, en torno a los resultados obtenidos en el experimento. Estos resultados pueden ser aparentemente dispares en función de las condiciones en que se ha realizado. Debe orientarse el debate hacia la búsqueda de los elementos comunes, la disolución y dispersión de la sustancia coloreada en el agua.

En segundo lugar, se intenta buscar una explicación al fenómeno. Normalmente, los propios alumnos son capaces con un poco de tiempo de encontrar una explicación adecuada. El profesor debe tratar de orientar el análisis hacia la contrastación y diferenciación de los modelos propuestos.

Las ideas principales que se trabajan son: movimiento de partículas y necesidad de un espacio vacío. En este caso, es más difícil que con los gases aceptar el modelo microscópico por parte de algunos alumnos y surgen ideas alternativas (por ejemplo, las partículas de agua se tiñen con la tinta) que enriquecen la discusión entre los alumnos y que el profesor debe tener en cuenta.

f) Deducción

En su caso, de todo el razonamiento inductivo anterior se pueden deducir unas conclusiones respecto de la pregunta-problema inicial.

Ejemplo:

Un compuesto orgánico contiene carbono, hidrógeno y oxígeno. Al quemar 1,275 g de sustancia se forman 1,869 g de dióxido de carbono, CO_2 , y 0,765 g de agua, H_2O . El dióxido de carbono contiene 27,29 % de carbono y el agua 11,19% de hidrógeno. A 80 °C y 745 mm, 0,641 g de sustancia ocupan en estado de vapor 316 cm^3 . A partir de estos datos hallar la fórmula de este compuesto y su peso molecular exacto.

Hallaremos primero la proporción de carbono e hidrógeno en el compuesto y, por diferencia, la proporción de oxígeno. Se tiene:

$$\begin{aligned} \text{Carbono: } \frac{1,869 \text{ g } \text{CO}_2}{1,275 \text{ g } \text{ sust}} \times \frac{27,29 \text{ g } \text{C}}{100 \text{ g } \text{CO}_2} &= \frac{1,869 \times 27,29}{1,275 \times 100} \text{ g } \frac{\text{C}}{\text{g}} \text{ sust} \\ &= 0,4000 \text{ g } \frac{\text{C}}{\text{g}} \text{ sust} = 40,00 \% \text{ C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hidrógeno: } \frac{0,765 \text{ g } \text{H}_2\text{O}}{1,275 \text{ g } \text{ sust}} \times \frac{11,19 \text{ g } \text{H}}{100 \text{ g } \text{H}_2\text{O}} &= \frac{0,765 \times 11,19}{1,275 \times 100} \text{ g } \frac{\text{H}}{\text{g}} \text{ sust} \\ &= 0,0671 \text{ g } \frac{\text{H}}{\text{g}} \text{ sust} = 6,71 \% \text{ H} \end{aligned}$$

$$\text{Oxígeno: } 100 - (40,00 + 6,71) = 100 - 46,71 = 53,29 \% \text{ O}$$

La relación de moles de átomos en 100 g de compuesto es

$$\text{Carbono: } 40,00 \text{ g C} \times \frac{1 \text{ átomo gramo C}}{12,01 \text{ g C}} = 3,33 \text{ átomos gramo C}$$

$$\text{Hidrógeno: } 6,71 \text{ g H} \times \frac{1 \text{ átomo gramo H}}{1,008 \text{ g H}} = 6,66 \text{ átomos gramo H}$$

$$\text{Oxígeno: } 53,29 \text{ g O} \times \frac{1 \text{ átomo gramo O}}{16,00 \text{ g O}} = 3,33 \text{ átomos gramo O}$$

La relación entre el número de átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno es 3,33: 6,66: 3,33 y dividiendo sus términos por el menor se tiene la relación 1 : 2: 1 y expresada con números enteros sencillos. La fórmula empírica o más sencilla de la sustancia es CH₂O con un peso fórmula de 30,027. La fórmula molecular será un múltiplo de la fórmula empírica o bien esta misma y su peso molecular aproximado será 30 ó un múltiplo de este valor. Calcularemos este peso molecular de la expresión que resulta de la ecuación general de los gases. Tenemos:

$$\begin{aligned} M &= \frac{a \cdot R \cdot T}{P \cdot V} \\ &= \frac{0,641 \text{ g} \times 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{litro}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \times 353 \text{ K}}{\frac{745 \text{ mm}}{760 \frac{\text{mm}}{\text{atm}}} \times 0,316 \text{ litros}} \\ &= \frac{0,641 \cdot 0,082 \cdot 353 \cdot 760 \text{ g}}{745 \cdot 0,316 \text{ mol}} \\ &= 59,9 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \end{aligned}$$

El peso molecular aproximado de la sustancia es 59,9, doble del correspondiente a la fórmula empírica. En consecuencia, la fórmula correcta molecular del compuesto es C₂H₄O₂ y su peso molecular exacto es 60,054 g/mol.

2.1.3 Técnicas didácticas por descubrimiento

Las estrategias de enseñanza están siempre condicionadas por la materia. En la enseñanza por descubrimiento, sin embargo, esta relación llega a ser tan grande que habrá que referir cada técnica didáctica a su materia: la resolución de problemas de matemáticas va a ser

distinta a la de física o química; el comentario de textos literarios será distinto al histórico, etc. Dentro de este enfoque podemos citar técnicas conocidas tales como Comentario de Textos, Proyectos, Sistema Tutorial, etc. Aquí sólo trataremos de las siguientes Técnicas Didácticas relacionadas con el descubrimiento escolar:

Procesos algorítmicos

Su objetivo es familiarizar a los alumnos con algún algoritmo. Para ello el docente describe la meta, los pasos, el material y las características de las operaciones y decisiones, y las aplica a algún caso, La demostración puede hacerla el profesor directamente, por escrito o con algún soporte de Mecanismos de Alta Velocidad (MAV) o informático; también puede ser más o menos interactiva, invitando a los alumnos a intervenir en las actividades.

Resolución de problemas científico-químicos

Se trata de ayudar a los alumnos a alcanzar objetivos de aplicación de métodos y conceptos científico-químicos.

2.1.3.1 Procesos algorítmicos

Es una técnica de enseñanza individualizada que sirve para que el alumno automatice un algoritmo.

Se puede resumir en los siguientes elementos:

a) Objetivo de aprendizaje

Esta técnica es más adecuada para alcanzar objetivos relacionados con la aplicación automatizada de procedimientos, que pueden generalizarse en un algoritmo con un número finito de pasos, y que se repite con frecuencia y con distintos contenidos.

b) Análisis

Cuando un proceso se puede generalizar en un algoritmo, el docente ha de analizarlo de acuerdo con los siguientes pasos:

Seleccionar una muestra de prototipos o ejemplos representativos del campo de aplicación del proceso.

- Señalar los puntos clave del proceso, y comprobar que siguen un orden lógico

generalizable.

- Formular cada punto clave como:
 - Operación (O) con una afirmación que contenga un verbo de acción.
 - Decisión (D) con una interrogación binaria, de tal forma que las respuestas posibles se reduzcan a SI/NO.
- Las operaciones complejas deben tratarse como un proceso independiente.

Una vez estructurado el algoritmo, es conveniente asegurarse de que los datos, métodos y conceptos, que los alumnos tienen que manejar en cada paso, se pueden dar por conocidos; en caso negativo, habría que facilitar previamente su aprendizaje por medio de otra técnica (explicación o estudio individualizado). Con frecuencia, los fallos se detectan una vez iniciado el aprendizaje del proceso; en este caso, es aconsejable interrumpirlo para asegurar su adquisición.

c) **Simbolización**

Aunque no es indispensable, es útil simbolizar los distintos pasos con los convencionalismos de un diagrama de flujo.

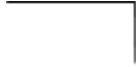
d) **Motivación**

Aunque, una vez iniciado el proceso, su carácter activo será más motivador para la mayoría de los alumnos, se necesita una gran dosis de motivación previa para iniciarlo. Como esto es difícil hacerlo por escrito, es preferible hacerlo de palabra.

e) **Presentación**

El docente realiza todo el algoritmo aplicado a uno o varios casos, lo generaliza simbolizándolo, y los alumnos lo practican progresivamente según las diversas modalidades propuestas.

Símbolos de diagrama de flujo

	<p>Línea de conexión: Indica el camino que se ha de seguir dentro del proceso.</p>
---	---

	Operación: Sirve para indicar una actividad que debe realizarse obligatoriamente.
	Decisión: Se utiliza para señalar una elección entre dos alternativas.
	Subproceso Sirve para indicar una serie de actividades que por su complejidad, forman un proceso aparte

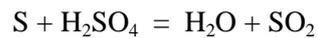
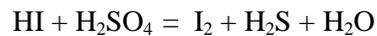
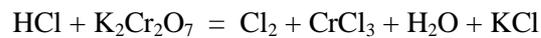
Ejemplo: Ajuste de una reacción química

1) Objetivo

Ajustar una reacción química por el método del “Ión electrón”

2) Análisis

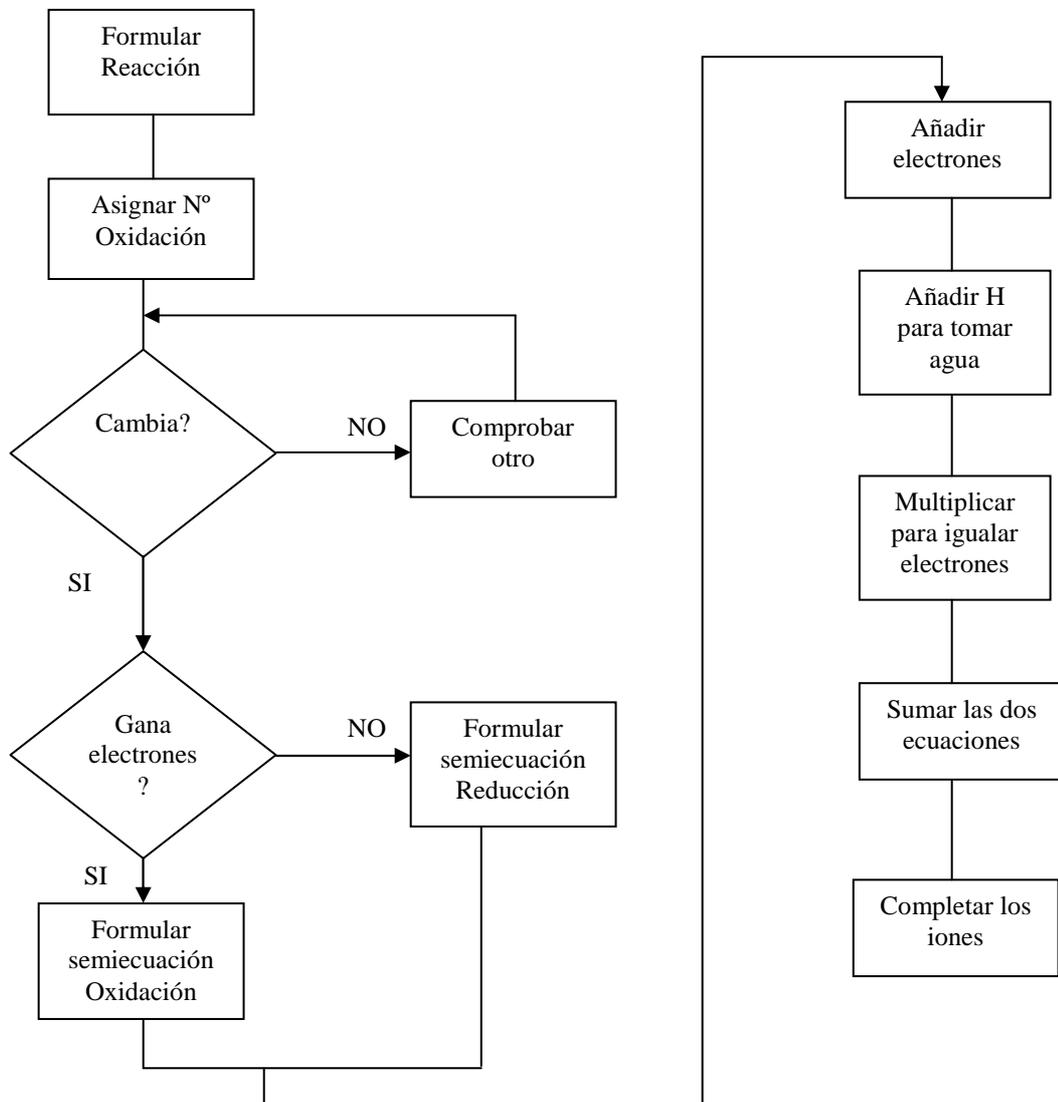
Prototipos:



Puntos clave	O/D
1. Formular la reacción.	O
2. N° de oxidación.	O
3. Identificación de cambios en el N° de oxidación.	D
4. Formular semiecuaciones.	O
5. Electrones.	O

6. O y H para dar H ₂ O.	O
7. Ajustar electrones.	O
8. Formular ecuación iónica.	O
9. Formular ecuación molecular.	O

3) Simbolización



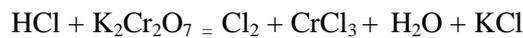
4) Motivación

El ajuste de reacciones es una operación que hay que realizar con frecuencia en los problemas de Química. Si la reacción es muy sencilla, se puede hacer "a ojo". Los químicos llegan a ajustar reacciones complicadas automáticamente saltando pasos o dándolos de modo implícito. Sin embargo, para poder llegar a hacerlo así, y aunque resulte tedioso al principio, es necesario empezar siguiendo un proceso metódico, paso a paso; repetirlo en casos progresivamente más complicados, hasta llegar a automatizarlo personalmente. Y esto es lo que vamos a hacer.

5) Presentación

(1) Ajustar una reacción siguiendo los pasos del algoritmo

(a) Formular de la reacción



(b) N° oxidación

Se asignan los números de oxidación a todos los átomos presentes. (Cuando se domina este algoritmo, no hace falta hacerlo con todos, porque se ven a primera vista los elementos que cambian de N° de oxidación):



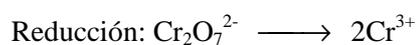
(c) Identificación de cambios



(d) Formulación de las semiecuaciones

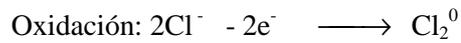
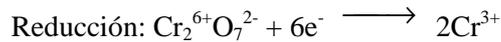
Se conservan las uniones covalentes.

Se añaden coeficientes para igualar en número de átomos:



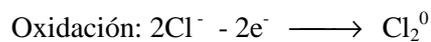
(e) Electrones

Se añaden los electrones necesarios:



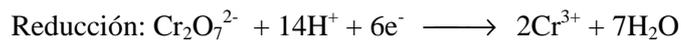
(f) Oxígeno

Se añaden los H^+ para formar H_2O con los O:



(g) Ajuste de electrones

Se multiplican las dos semiecuaciones para igualar los electrones:



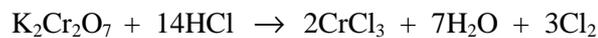
(h) Ecuación iónica

Se suman las dos semiecuaciones, obteniendo la ecuación iónica:



(i) Ecuación molecular

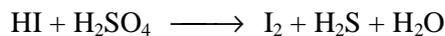
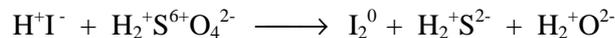
Se completan los iones con otros de signo contrario, según los datos de la ecuación primitiva, comprobando que se introducen los mismos a ambos lados:



Se añadieron 2K y 2Cl en el primer miembro (reactivos), por consiguiente hay que añadirlos también al segundo miembro (productos de la reacción). Luego la reacción ajustada sería:



- (2) Destacar las operaciones y decisiones reflejándolas en el diagrama de Flujo que se le proporciona a los alumnos.**

(3) Pedir a los alumnos que concluyan el ajuste de la reacción**(a) Reacción****(b) N° de oxidación****(c) Cambios****(4) Pedir que los alumnos ajusten y completen totalmente nuevas ecuaciones, empezando por las propuestas como prototipo.****OTROS EJEMPLOS DE ALGORITMOS****1. Algoritmos para escribir fórmulas de los compuestos iónicos.**

Resulta de utilidad, en especial, cuando la carga de un ión no es un múltiplo sencillo de la del otro ión.

Ejemplo 1.1

Escribe la fórmula del dióxido de aluminio.

Solución:

Paso 1. Escribe los símbolos (con carga) del catión y el anión, con el catión en primer lugar.



Paso 2. Determina el número más pequeño de cada tipo de ión que se necesita para dar una carga global de cero. Para ello, conviene establecer *mentalmente* el *mínimo común múltiplo* (MCM) de las cargas iónicas, sin tomar en cuenta los signos. Para el Al^{3+} y el O^{2-} , el MCM es $3 \times 2 = 6$.

$$\text{Se necesitan dos iones } \text{Al}^{3+}: \frac{\text{MCM}}{\text{Carga iónica}} = \frac{6}{3} = 2$$

No tomar en cuenta el signo al determinar el MCM.

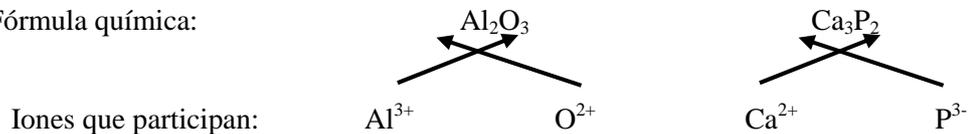
$$\text{Se necesitan tres iones } \text{O}^{2-}: \frac{\text{MCM}}{\text{Carga iónica}} = \frac{6}{2} = 3$$

Paso 3. Escribe la fórmula química empleando los subíndices apropiados para que el compuesto sea neutro en cuanto a carga. Para el óxido de aluminio, la fórmula se escribe Al_2O_3 . En seguida, comprueba el resultado.

$$2 \text{Al}^{3+} + 3 \text{O}^{2-} = 2(+3) + 3(-2) = 0$$

Puede ser de utilidad para escribir fórmulas, cuando la carga de un ión *no* es un múltiplo sencillo de la del otro ión. Observa que el subíndice colocado delante de un ión, es igual al valor numérico (sin considerar el signo) de la carga del otro ión, como se aprecia en los ejemplos siguientes.

Fórmula química:

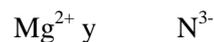


Ejemplo 1.2

Escribe la fórmula del nitruro de magnesio.

Solución:

Paso1. Escribe los símbolos (con carga) del catión y del anión, con el catión en primer lugar.



Paso2. Determina el número más pequeño de cada tipo de ión que se necesita para dar una carga global de cero. Para ello, hay que encontrar el número entero más pequeño, entre el cual es posible dividir ambos números de carga, el MCM. Para el Mg^{2+} y el N^{3-} el MCM es $2 \times 3 = 6$. (No tomes en cuenta los signos).

$$\text{Se necesitan tres iones } \text{Mg}^{2+}: \frac{\text{MCM}}{\text{Carga iónica}} = \frac{6}{2} = 3$$

No tomar en cuenta el signo al determinar MCM

$$\text{Se necesitan dos iones } \text{N}^{2-}: \frac{\text{MCM}}{\text{Carga iónica}} = \frac{6}{3} = 2$$

Paso 3. Escribe la fórmula química usando los subíndices apropiados, para que el compuesto sea neutro en cuanto a carga. La fórmula correcta se escribe

Mg_3N_2 . En seguida, comprueba el resultado.

$$3\text{Mg}^{2+} + 2\text{N}^{3-} = 3(+2) + 2(-3) = 0$$

2. Algoritmos para establecer el número de oxidación de los átomos en compuestos poliatómicos

Para determinar el número de oxidación de un tipo particular de átomo en un compuesto o ión poliatómico, hay que seguir los siguientes pasos.

Paso 1. Anota los números de oxidación conocidos de los átomos que aparecen en la fórmula.

Paso 2. Multiplica el número de oxidación de cada elemento por el subíndice apropiado que aparece en la fórmula. Anota estos números de oxidación totales abajo de los símbolos correspondientes en la fórmula.

Paso 3. Escribe una ecuación sencilla donde la suma de todos los números de oxidación sea igual a la carga del ión, o igual a cero en el caso de un compuesto. Emplea un símbolo para el número de oxidación desconocido, multiplicando por el número de átomos de ese elemento. Despeja el número de oxidación faltante.

Ejemplo 2.1

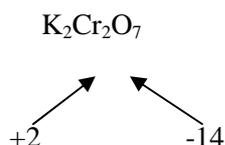
Determina el número de oxidación del cromo en el dicromato de potasio, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

Solución:

Paso 1.

<i>Átomo</i>	<i>Número de Oxidación</i>
K	1
Cr	Cr (desconocido = x)
O	-2

Paso 2. Número de oxidación totales



Paso 3.

$$+2 + 2x + (-14) = 0$$

$$2x = +12$$

$$x = +6$$

La suma de todos los números de oxidación de un compuesto es cero.

El número de oxidación del cromo en el dicromato de potasio es +6.

Ejemplo 2 .2

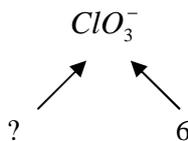
Determina el número de oxidación del cloro en el ión clorato, ClO_3^-

Solución:

Paso 1.

Átomo	Número de Oxidación
Cl	Cl (desconocido = x)
O	-2

Paso 2. Número de oxidación totales



Paso 3.

$$x + (-6) = -1$$

La carga en el ión es -1.

$$x = +5$$

El número de oxidación del cloro en un ión clorato es +5.

3. Algoritmos de cálculo de composición

Composición proporcional: componente – compuesto

Ejemplo 3.1

Calcula la cantidad de iones de sodio (en gramos) presente en 0.300 g de NaCl.

Solución

Plan: 0.300g de NaCl \rightarrow ?g de iones Na^+

Paso 1. Calcula la masa de 1 mol del cloruro de sodio, NaCl.

Para 1 mol de NaCl hay que sumar:

$$1 \text{ mol de átomo de Na} = 1 \times 23.0 \text{ g} = 23.0 \text{ g}$$

$$1 \text{ mol de átomos de Cl} = 1 \times 35.5 \text{ g} = \cancel{35.5 \text{ g}}$$

$$1 \text{ mol de NaCl} = 58.5 \text{ g}$$

Paso 2. Multiplica la cantidad conocida por el factor de conversión apropiado que relaciona las masas molares del NaCl y el ión Na^+ .

$$1 \text{ mol de NaCl} = 1 \text{ mol de iones Na}^+$$

$$58.5 \text{ g NaCl} = 23.0 \text{ g Na}^+$$

De donde:

$$\frac{58.5 \text{ g NaCl}}{23.0 \text{ g Na}^+} = 1 \quad \text{ó} \quad \frac{23.0 \text{ g Na}^+}{58.5 \text{ g NaCl}} = 1$$

Para que se cancelen los gramos del cloruro de sodio, será preciso emplear el segundo factor de conversión. Así,

$$0.300 \text{ g NaCl} \times \frac{23.0 \text{ g Na}^+}{58.5 \text{ g NaCl}} = 0.118 \text{ g iones Na}^+$$

Composición porcentual

El algoritmo se divide en dos pasos.

Paso 1. Determina la masa de 1 mol de la sustancia (la masa molar)

Paso 2. Divide la masa de cada elemento de la fórmula entre la masa molar y multiplica cada fracción decimal obtenida por 100%. Se acostumbra redondear estos porcentajes con una aproximación de 0.1%.

Ejemplo 3.2

Determinar la composición porcentual del ácido sulfúrico, H_2SO_4 .

Solución

Plan: Masa de 1 mol del compuesto → Porcentaje de cada elemento

Paso1. Calcula la masa de 1 mol de ácido sulfúrico, H₂SO₄.

$$\begin{array}{rcl}
 2 \text{ mol de átomos de H} & = & 2 \times 1.01 \text{ g} = 2.0 \text{ g} \\
 1 \text{ mol de átomos de S} & = & 1 \times 32.0 \text{ g} = 32.0 \text{ g} \\
 4 \text{ mol de átomos de O} & = & 4 \times 16.0 \text{ g} = 64.0 \text{ g} \\
 & & \underline{\hspace{1.5cm}} \\
 1 \text{ mol de H}_2\text{SO}_4 & = & 98.0 \text{ g}
 \end{array}$$

Paso2. Determina los porcentajes de cada elemento presente.

$$H: \frac{2 \text{ g H}}{98 \text{ g H}_2\text{SO}_4} \times 100\% = 2.04\% H$$

$$S: \frac{32 \text{ g S}}{98 \text{ g H}_2\text{SO}_4} \times 100\% = 32.65\% S$$

$$O: \frac{64 \text{ g O}}{98 \text{ g H}_2\text{SO}_4} \times 100\% = 65.31\% O$$

Suma de los porcentajes = 100.0%

4. Algoritmos para conversiones entre masa y moles

Este algoritmo se puede separar en dos pasos

Paso 1. Determinar la masa de 1 mol de la sustancia (la masa molar) expresando el peso fórmula de la sustancia en gramos por mol (se escribe g/mol).

Paso 2. Multiplica la cantidad original de la sustancia dada en moles, por la masa molar establecida en el paso 1.

Ejemplo 4.1

Calcula la masa de 0.500 mol de dióxido de carbono.

Solución

Plan: 0.500 mol de CO₂ → ? g de CO₂

Paso 1. Determinar la masa de 1 mol de CO₂.

$$\begin{array}{rcl}
 1 \text{ mol de átomos de C} & = & 1 \times 12.0 \text{ g} = 12.0 \text{ g} \\
 2 \text{ mol de átomos de O} & = & 2 \times 16.0 \text{ g} = 32.0 \text{ g} \\
 1 \text{ mol de CO}_2 & = & \frac{44.0 \text{ g}}{44.0 \text{ g}}
 \end{array}$$

Esto se escribe 44.0 g/mol

Paso 1. Calcular la masa de 0.500 mol de CO₂, empleando la masa molar determinada en el paso 1.

$$0.500 \text{ mol CO}_2 \times \frac{44.0 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 22.0 \text{ g CO}_2$$

5. Algoritmo para encontrar el nivel de concentración de una solución

La concentración de una solución es una medida de la cantidad de soluto disuelto en la solución.

$$\text{Molaridad} = \frac{\text{Moles de soluto}}{\text{Litros totales de solución}}$$

Observación: Cuando se disuelve 1.00 mol de una sustancia química en agua suficiente para hacer un volumen total de 1.00 L, se dice que se tiene una solución 1.00 molar (se escribe 1.00 M, con “M” mayúscula).

Ejemplo 5.1

¿Cuántos gramos de NaCl hay que utilizar para preparar 250.0 mL de una solución 0.125 M?

Solución:

Plan: Mililitros → Litros → Moles → Gramos

Paso 1. Parte de la cantidad conocida (el volumen) en mililitros y conviértela a litros.

Paso 2. Convierte los litros a moles, empleando la molaridad como factor de conversión.

Paso 3. Convierte las moles a gramos, empleando el peso fórmula como factor de conversión.

La serie de conversiones se puede resumir como sigue.

$$250.0 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{0.125 \text{ mol}}{\text{L}} \times \frac{58.5 \text{ g NaCl}}{\text{mol}} = 1.83 \text{ g NaCl}$$

Para preparar la solución, es necesario disolver 1.83 g de NaCl en el agua suficiente para tener un volumen total de 250. mL; la solución deberá rotularse como NaCl 0.125 M.

Ejemplo 5.2

¿Cuántos mililitros de solución de NaCl 0.125 M hay que utilizar para obtener 0.0250 mol de NaCl.

Solución:

Plan: Moles → Litros → Mililitros

Paso 1. Parte de la cantidad conocida: el número de moles de NaCl.

Paso 2. Convierte los moles a litros empleando la molaridad como factor de conversión.

Paso 3. Convierte los litros a mililitros, pues tienes que dar el resultado en mililitros.

La serie de conversiones se puede resumir como sigue.

$$0.0250 \text{ mol} \times \frac{1 \text{ L}}{0.125 \text{ mol}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 200 \text{ mL}$$

6. Algoritmo para preparación de soluciones por dilución

Ejemplo 6.1

El volumen, V_1 de una solución de molaridad conocida, M_1 (o concentración conocida, C_1), que se requiere para preparar una solución con un volumen, V_2 , y una molaridad M_2 (o una concentración C_2), específicos por dilución, se puede establecer mediante la ecuación:

$$V_1 M_1 = V_2 M_2 \quad \text{ó} \quad V_1 C_1 = V_2 C_2$$

Calcula el número de mililitros de ácido clorhídrico concentrado, HCl 12.0 M,

que se necesitan para preparar 500 mL de una solución de HCl 2.00 M.

Solución:

Paso 1. Éste es un problema de dilución con concentraciones molares. La ecuación es

$$V_1M_1 = V_2M_2$$

Paso 2. Identifica el valor original y el final (después de diluir).

<i>Original</i>	<i>Final</i>
$V_1 = ?$	$V_2 = 500. \text{ mL}$
$M_1 = 12.0 \text{ M}$	$M_2 = 2.00 \text{ M}$

Paso 3. Sustituye los valores apropiados en la ecuación.

$$V_1 \times 12.0 \text{ M} = 500. \text{ mL} \times 2.00 \text{ M}$$

$$V_1 = \frac{(500. \text{ mL})(2.00 \text{ M})}{(12.0 \text{ M})} = 83.3 \text{ mL}$$

Paso 4. Para preparar la solución 2.00 M, se disuelven 83.3 mL del HCl 12.0 M para dar un volumen total de 500. mL, y se mezcla perfectamente.

Ejemplo 6.2

¿Cuántos galones de una solución de insecticida al 16.0%, tendría que utilizar una compañía comercial de cuidado de jardines, para preparar 800 gal de una solución al 0.0450%? Explica cómo se debe realizar la dilución.

Solución:

Paso 1. Para esta dilución, las concentraciones se dan en porcentajes. Se puede emplear la ecuación general para diluciones.

$$V_1C_1 = V_2C_2$$

Paso 2. Identifica el valor original y el final; deberán darse en las mismas unidades.

<i>Original</i>	<i>Final</i>
$V_1 = ?$	$V_2 = 800 \text{ gal}$

$$C_1 = 16.0\% \quad C_2 = 0.0450\%$$

Paso 3. Sustituye los valores apropiados en la ecuación.

$$V_1 \times 16.0\% = 800. \text{ gal} \times 0.0450\%$$

$$V_1 = \frac{(800. \text{ gal}) \times (0.0450\%)}{(16.0\%)} = 2.25 \text{ gal}$$

Paso 4. Para preparar la solución al 0.0450%, se diluyen 2.25 gal de la solución al 16.0% hasta un volumen total de 800 gal, y se mezcla perfectamente.

7. Algoritmo para determinar fórmulas empíricas

Ejemplo 7.1

Se calentó en oxígeno puro una muestra de 6.50 g de cromo en polvo. El compuesto producido mostró una masa de 9.50 g. ¿Cuál es su fórmula empírica?

Solución:

Paso 1. Calcula la masa de cada elemento presente en el compuesto.

$$\text{Masa de Cr} = 6.50 \text{ g (conocida)}$$

$$\text{Masa de O} = 9.50 \text{ g de masa combinada} - 6.50 \text{ g Cr}$$

$$= 3.00 \text{ g de oxígeno}$$

La masa de oxígeno se obtiene en este caso por “diferencia”.

Paso 2. Emplea las masas molares para convertir los gramos de cada elemento a moles.

$$\text{Cr} : 6.50 \text{ g Cr} \times \frac{1 \text{ mol Cr}}{52.0 \text{ g Cr}} = 0.125 \text{ mol Cr}$$

$$\text{O} : 3.00 \text{ g O} \times \frac{1 \text{ mol O}}{16.0 \text{ g O}} = 0.188 \text{ mol O}$$

Las proporciones molares que aquí se obtienen, son las mismas que las proporciones atómicas. En consecuencia, se podría escribir la fórmula empírica como $\text{Cr}_{0.125}\text{O}_{0.188}$, pero esta *no* es la forma aceptada. Es preciso establecer el

conjunto más pequeño de números *enteros*.

Paso 3. Obtén el conjunto más pequeño de números enteros. Primero, divide el número de moles de cada elemento entre el más pequeño de los dos valores.

$$Cr = \frac{0.125 \text{ mol}}{0.125 \text{ mol}} = 1.00 \qquad O : \frac{0.188 \text{ mol}}{0.125 \text{ mol}} = 1.50$$

Si aparece un valor decimal en este punto, como ocurre en este problema, no habrás obtenido el conjunto más pequeño de números enteros, es decir, la relación entre los átomos. Para eliminar los decimales, multiplica ambos valores por el entero más pequeño posible que dé conjunto más pequeño de números enteros. Para este problema, debes multiplicar ambos valores por 2, pues el decimal del oxígeno equivale a un medio.

$$Cr: 1.00 \times 2 = 2 \qquad O: 1.50 \times 2 = 3$$

La fórmula empírica es Cr_2O_3 .

Ejemplo 7.2

El anhídrido carbónico, una sustancia química que se emplea en preparación de bebidas carbonadas, contiene 27.8% de carbono y 72.2% de oxígeno. Determina la fórmula empírica del anhídrido carbónico (dióxido de carbono).

Solución:

Paso 1. Cuando las cantidades se dan como porcentajes, conviene suponer que se tiene una muestra de 100.0 g del compuesto. Para establecer la masa de cada elemento en la muestra, multiplica el porcentaje de cada elemento por 100 g. Para 100.0 g de anhídrido carbónico, se tienen 27.8 g de carbono y 72.2 g de oxígeno.

Paso 2. Utiliza las masas molares para convertir los gramos de cada elemento (paso 1) a moles.

$$C : 27.8 \text{ g C} \times \frac{1 \text{ mol C}}{12.0 \text{ g C}} = 2.31 \text{ mol C}$$

$$O : 72.2 \text{ g O} \times \frac{1 \text{ mol O}}{16.0 \text{ g O}} = 4.51 \text{ mol O}$$

Las proporciones molares aquí obtenidas, son iguales a las proporciones atómicas. Ahora basta con establecer el conjunto más pequeño de números enteros.

Paso 3. Divide el número de moles de cada elemento, entre la más pequeña de las cantidades calculadas. En este caso, hay que dividir entre 2.31 mol.

$$C : \frac{2.31 \text{ mol}}{2.31 \text{ mol}} = 1.00 \qquad O : \frac{4.51 \text{ mol}}{2.31 \text{ mol}} = 1.95$$

Uno de los valores 1.95, no es un número entero, y la parte decimal 0.95 tiende a 1. Puedes multiplicar por 1 para obtener el conjunto más pequeño de números enteros.

$$C : 1.00 \times 1 = 1 \qquad O : 1.95 \times 1 = 1.95 \text{ ó } 2$$

La fórmula empírica es CO_2 .

8. Algoritmo para determinar fórmulas moleculares

Si se conoce la masa molar de un compuesto y su fórmula empírica, se puede establecer la fórmula molecular.

Ejemplo 8.1

La Masa molar de un compuesto es de 1140.0 g/mol. A través de un análisis posterior, se determinaron los porcentajes de C y H en el compuesto, encontrándose que en este último tiene la fórmula empírica C_4H_9 . ¿Cuál es la fórmula molecular de este compuesto?

Solución:

Paso 1: Determina el número de unidades de fórmula empírica que hay en el compuesto.

$$\frac{\text{Masa molar del compuesto}}{\text{Masa de fórmula empírica de } \text{C}_4\text{H}_9} = \frac{114.0 \text{ g}}{57.0 \text{ g}}$$

$$= 2 \text{ unidades de fórmula empírica}$$

Paso 2. Determina la fórmula molecular como sigue.

Fórmula Empírica	x	Número de unidades de fórmula empírica	=	Fórmula molecular
C_4H_9	x	2	=	C_8H_{18}

La fórmula molecular es C_8H_{18} .

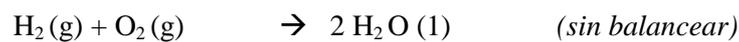
9. Algoritmo para reacciones químicas

9.1. Escritura y balanceo de ecuaciones químicas

Es conveniente comenzar con la reacción que ocurre cuando se enciende una mezcla de hidrógeno y oxígeno gaseosos con una chispa, y se produce agua y la energía suficiente para provocar un fuerte estallido. Primero hay que escribir las fórmulas correctas de reactivos y productos. Si se desea se puede identificar el hidrógeno y el oxígeno como gases (g); esto es opcional.



El número de átomos en la ecuación anterior no está balanceado. Entre los reactivos aparecen dos átomos de oxígeno (como O_2) y hay un solo átomo de oxígeno entre los productos (H_2O). Para balancear los átomos de oxígeno, se coloca un número 2 antes de la fórmula del agua.



Este número indica que se producen *dos moléculas* de agua por cada molécula de oxígeno que reacciona. El número que se coloca antes de una fórmula química en una ecuación, se conoce como **coeficiente**. Cuando no aparece otro número se sobreentiende un coeficiente de 1. El coeficiente que precede a una fórmula, constituye una instrucción para multiplicar todo lo que hay en la fórmula por ese número. Cuando se duplica H_2O , se está representando dos átomos de oxígeno y cuatro de hidrógeno. Pero la ecuación de este ejemplo no está balanceada todavía.

Para balancear los átomos de hidrógeno, se coloca el coeficiente 2 antes de H_2 .

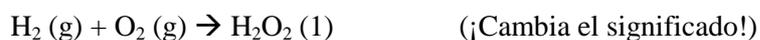


Ahora si hay cuatro átomos de hidrógeno y dos átomos de oxígeno representados a ambos lados de la ecuación, que así queda balanceada. Hay que comprobar siempre si la ecuación está balanceada, contando y comparando los átomos de cada elemento presente como reactivo y como producto.

<i>Átomos de los reactivos</i>	<i>Átomos de los productos</i>
4 H	4 H
2 O	2 O

La ecuación balanceada muestra que no se crean ni se destruyen átomos.

Si se hubiera intentado balancear la ecuación cambiando el subíndice del oxígeno en e agua, la ecuación *parecería* estar balanceada,



Pero no significaría “el hidrógeno reacciona con oxígeno para formar agua”. La fórmula H_2O_2 representa al *peróxido de hidrógeno*, un compuesto por completo distinto. Así pues, al balancear una ecuación química no se puede cambiar los subíndices de las fórmulas, porque ello cambiaría los compuestos representados y también el significado de la ecuación. En vez de ello, la ecuación se balancea, como ya se indicó, cambiando los coeficientes para representar las proporciones correctas de las sustancias de la reacción. Una ecuación química no está completa hasta que no se balancea.

Ejemplo 9.1.1

Escribe y balancea una ecuación para la reacción de enmohecimiento del hierro, que muestre que éste reacciona con el oxígeno produciendo óxido de hierro (III), la herrumbre.

Solución:

Paso 1. Escribe la reacción no balanceada con las fórmulas correctas de reactivos y productos.



Paso 2. Balancea la ecuación usando los coeficientes apropiados. Se recomienda no comenzar por un elemento que esté solo, como el hierro en este caso, pues

será fácil encargarse de él más tarde, después de balancear los demás elementos. En vez de ello, cuenta el número de átomo de oxígeno que hay con dos átomos de oxígeno a la izquierda y tres a la derecha, el múltiplo mas bajo es seis. En consecuencia, se puede balancear el oxígeno empleando un coeficiente de 3 para O_2 y un coeficiente de 2 para el Fe_2O_3 .



El oxígeno ya está balanceado, pero no así los átomos de hierro. Se puede balancear los cuatro átomos de hierro de la derecha, colocando un coeficiente de 4 antes del Fe de la izquierda.



Un “conteo de átomos” muestra que hay en el mismo número de átomos de cada clase en ambos lados de la ecuación, con lo que ésta queda balanceada.

Ejemplo 9.1.2

Escribe y balancea la ecuación de la combustión del metano, CH_4 , la principal sustancia química del gas natural. Durante su combustión, una sustancia se combina con oxígeno. La combustión de una sustancia que contiene átomos de C y H, cuando es “completa”, siempre produce dióxido de carbono y agua.

Solución:

Paso 1. Escribe la ecuación no balanceada empleando las fórmulas químicas correctas.

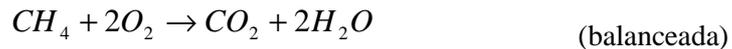


Paso 2. Balancea la ecuación. Como el oxígeno aparece en dos productos distintos, conviene dejarlos para el final. En el caso de las reacciones en las que hay una combustión, por lo general es mejor balancear el carbono, luego el hidrógeno, y dejar el oxígeno en último lugar. (El oxígeno aparece como un elemento individual a la izquierda, de modo que la colocación de cualquier coeficiente que se requiera antes del O_2 , no interfiere con los otros elementos ya balanceados) En este ejemplo, el carbono ya está balanceado, con un átomo en cada lado de la ecuación. Para balancear el hidrógeno teniendo cuatro átomos a

la izquierda y dos a la derecha, coloca el coeficiente 2 antes del H₂O de la derecha, con lo que hay ahora cuatro átomos de hidrógeno en cada lado.



El último elemento que hay que balancear es el oxígeno. Hay cuatro átomos de él en el lado derecho, de modo que colocando un 2 antes del O₂ se consigue balancear los átomos de este elemento.



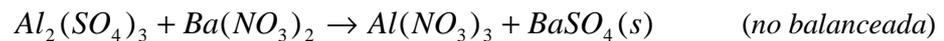
Después de contar, para asegurarte de que hay en el mismo número de átomos de cada clase en ambos lados de la ecuación, puedes concluir que la ecuación queda ya balanceada.

Ejemplo 9.1.3

Escribe y balancea una ecuación que describa la reacción del sulfato de aluminio con el nitrato de bario, que produce nitrato de aluminio y un precipitado sólido blanco gredoso, de sulfato de bario. Usa para identificar el precipitado.

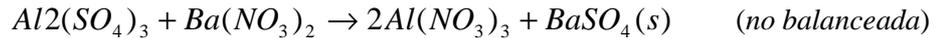
Solución:

Paso1. Escribe la ecuación no balanceada empleando las fórmulas químicas correctas.



Paso2. Balancea la ecuación. Esta es una ecuación en la que intervienen compuestos con iones poliatómicos, el sulfato y el nitrato. Debes tratar a estos iones como unidades individuales y balancearlos como un todo. Cuando ocurre la reacción, los iones Ba²⁺ de un compuesto reaccionan con los iones SO₄²⁻ del otro, produciendo el precipitado de BaSO₄ y dejando el nitrato de aluminio en solución.

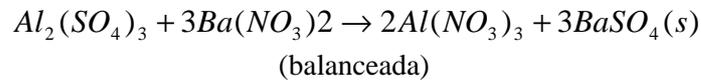
La técnica de seguir hasta el fin, como se usa en el tenis, los bolos o el golf, puede ayudar a balancear la ecuación. Hay que elegir un componente clave que aparezca en sólo un componente de cada lado de la ecuación, como Al en este caso, y “seguir hasta el fin” con él. Para balancear Al, se coloca un coeficiente de 2 antes de Al (NO₃)₃.



Pero este coeficiente también duplica el número de iones nitrato, produciendo $2 \times 3 = 6$ iones nitrato, de modo que hay que “seguir hasta el fin” con el nitrato, balanceándolo a continuación. Para tener seis iones nitrato a la izquierda, es necesario colocar un 3 antes del $Ba(NO_3)_2$.



Con el 3 antes del $Ba(NO_3)_2$ hay ahora tres iones bario en el lado izquierdo de la ecuación, por lo que habrá que “seguir hasta el fin” balanceando el bario. Pare ello, coloca un 3 antes del $BaSO_4$ en el lado derecho de la ecuación.

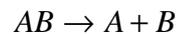


Con el bario ya balanceado, debes “seguir hasta el fin”, verificando el sulfato que está combinado con el bario. Al hacerlo, encontrarás que este ion ya está balanceado, con lo que has completado ya el círculo y has regresado al sulfato de aluminio del cual partiste.

La ecuación está balanceada. Corroborra esto contando los átomos.

9.2. Reacciones de Descomposición

Cuando un compuesto único se descompone en dos o más sustancias más sencillas, se trata de una reacción de descomposición, como se indica con la ecuación general



Ejemplo 9.2.1

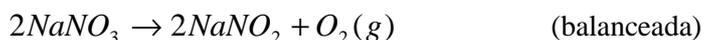
Escribe una ecuación balanceada de la descomposición del nitrato de sodio por calentamiento.

Solución:

Paso 1. Escribe una ecuación no balanceada empleando las fórmulas correctas de todas las sustancias.



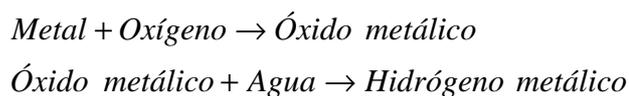
Paso 2. Balancea la ecuación utilizando los coeficientes apropiados. Comienza contando y comparando los átomos de oxígeno de cada lado de la ecuación. Como el NaNO_3 , contiene tres átomos de oxígeno y el NaNO_2 contiene dos, se duplica el NaNO_3 , pues tiene un número impar de átomos de oxígeno. También hay que duplicar el NaNO_2 para mantener el balance de átomos de Na.



El conteo de los átomos de oxígeno de la izquierda (seis), y de la derecha (seis), muestra que los átomos de oxígeno están balanceados. El coeficiente de O_2 no necesita ajustarse.

9.3. Reacciones de metales

En esta sección se consideran las siguientes reacciones.



Ejemplo 9.3.1

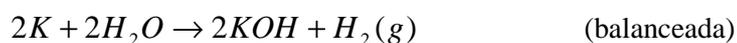
Escribe una ecuación de la reacción del potasio con el agua.

Solución:

Paso 1. Escribe una ecuación no balanceada con las formulas correctas de todas las sustancias.



Paso 2. Balancea la ecuación utilizando el conjunto más pequeño de coeficientes enteros. Para comenzar, se cuentan los átomos y se compara el número de átomos de cada clase en reactivos y productos. Con un número impar de átomos de H a la derecha, y un número para la izquierda, tenemos que duplicar el KOH de la derecha para tener un número par de H. Ahora, con cuatro H a la derecha, se duplica el H_2O de la izquierda. Cuenta todos los átomos para comprobar el resultado.



9.4. Reacciones de no metales

Los óxidos no metálicos reaccionan con el agua produciendo ácidos.

Ejemplo 9.4.1

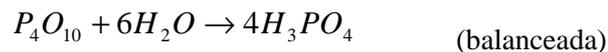
Escribe una ecuación balanceada de la reacción del P_4O_{10} con el agua, que produce ácido fosfórico, H_3PO_4 .

Solución:

Paso 1. Escribe la ecuación no balanceada con las fórmulas correctas de todas las sustancias.



Paso 2. Balancea la ecuación utilizando el conjunto más pequeño de coeficientes enteros. Como el oxígeno se encuentra en todos los compuestos, hay que balancearlo al final. Comienza con el P y sigue hasta el final con el H antes de comprobar el oxígeno.



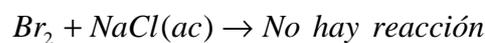
Ejemplo 9.4.2

Escribe una ecuación balanceada de lo que se podría esperar cuando el bromo, un líquido rojo, se mezcla con una solución incolora de NaCl.

Solución:

Paso 1. Consulta la tabla periódica y compara las posiciones que ocupan el bromo y el cloro. El bromo aparece abajo del cloro, de modo que es de esperar que reemplace a los iones yoduro pero no a los iones fluoruro o cloruro.

Paso 2. Escribe tu predicción.

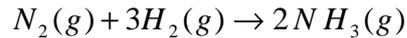


10. Estequiometría: algoritmos de cálculo con base en ecuaciones químicas

10.1. Cálculos de mol a mol

Ejemplo 10.1.1

Establecer el número de moles de amoníaco gaseoso, NH_3 (g) que es posible producir a partir de 10.8 mol de hidrógeno gaseoso, H_2 (g). La ecuación química balanceada es la siguiente.

**Solución:**

Este problema se apega a la forma

Plan: Moles de A \rightarrow Moles de B, donde “moles de A” representa a las moles de la sustancia dada, “moles de B” a las moles de la sustancia que se desea.

Paso 1. Obtener una ecuación química balanceada. (Está disponible.)

Paso 2. Anotar la cantidad conocida de una sustancia química (expresada aquí como moles de A) como punto de partida. (Para este problema se tienen 10.8 mol de H (g) como punto de partida.)

Paso 3. Anotar también la relación molar apropiada con base en la ecuación química. Esta relación molar deberá tener la forma.

$$\frac{\text{Moles de sustancia deseada}}{\text{Moles de sustancia de partida}}$$

Para este problema, se parte de los moles de H₂ para establecer los moles de NH₃. Con base en la ecuación, la conversión es 3H₂ (g) \rightarrow 2NH₃ (g). En consecuencia, la relación molar apropiada se escribe:

$$\frac{2 \text{ mol } NH_3}{3 \text{ mol } H_2}$$

Paso 4. Multiplicar el número conocido de moles de la sustancia química de partida (paso 2) por la relación molar apropiada (paso 3) para obtener los moles de la sustancia química deseada.

$$\text{Moles conocidos de la sustancia de partida} \times \frac{\text{Moles de sustancia deseada}}{\text{Moles de sustancia de partida}}$$

Para este problema, la conversión se escribe

$$10.8 \text{ mol } H_2 \times \frac{2 \text{ mol } NH_3}{3 \text{ mol } H_2} = 7.20 \text{ mol } NH_3 \quad (\text{respuesta})$$

10.2. Cálculos estequiométricos con moles y masas

La secuencia de conversión de “gramos de A” a “gramos de B” se puede completar siguiendo hasta el fin esta serie de pasos.

Paso 1. Obtener una ecuación química balanceada.

Paso 2. Anotar la cantidad conocida de una sustancia, marcada como “gramos de A”, como punto de partida (Puede ser cualquier reactivo o producto de la reacción).

Paso 3. Convertir los “gramos A” a “moles de A” utilizando la masa molar de A como factor de conversión.

Paso 4. Convertir los “moles de A” a “moles de B” usando la relación molar (mol B/mol A) con base en la ecuación química balanceada.

Paso 5. Convertir los “moles de B” a “gramos de B” empleando la masa molar de B como factor de conversión.

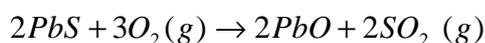
En un problema representativo de este tipo las conversiones adoptan la forma

$$\text{Gramos de A} \times \frac{\text{Moles de A}}{\text{Gramos de A}} \times \frac{\text{Moles de B}}{\text{Moles de A}} \times \frac{\text{Gramos de B}}{\text{Moles de B}} = ? \text{ Gramos de B}$$

Observación: Si se desea “moles de B” en vez de “gramos de b”, se puede omitir el paso final de conversión de la secuencia.

Ejemplo 10.2.1

Calcula el número de gramos de sulfuro de plomo (II), PbS, que pueden oxidar 5.22 mol de oxígeno gaseoso de acuerdo con la siguiente ecuación.



La galena es el mineral de plomo más importante y es básicamente PbS. Este compuesto se convierte en PbO, se coloca en un alto horno y se reduce a plomo metálico, Pb.

Solución:

Este problema adopta la forma.

Plan: Moles de A \rightarrow Moles de B \rightarrow Gramos de B

Oxígeno (PbS) (PbS)

Paso 1. Obtener una ecuación química balanceada. (Está disponible)

Paso 2. Anotar la cantidad conocida de una sustancia marcada como “moles de A” como punto de partida. (Para este problema se tienen 5.22 mol de oxígeno como punto de partida).

Paso 3. Plantear la conversión de “moles de A” a “moles de B” utilizando la relación la relación molar (mol B/mol A) derivada de la ecuación química balanceada.

$$5.22 \text{ mol } O_2 \times \frac{2 \text{ mol } PbS}{3 \text{ mol } O_2} \quad (\text{incompleta})$$

Paso 4. Convertir los “moles de B” a “gramos de B” (PbS en este problema) usando la masa molar de B como factor de conversión. En seguida, completar los cálculos matemáticos con una calculadora.

$$5.22 \text{ mol } O_2 \times \frac{2 \text{ mol } PbS}{3 \text{ mol } O_2} \times \frac{239 \text{ g } PbS}{1 \text{ mol } PbS} = 832 \text{ g } PbS \quad (\text{respuesta})$$

Con base en la ecuación química dada, es posible oxidar 832 g de PbS con 5.22 mol de O_2 .

10.3. Cálculos estequiométricos con soluciones molares

Ejemplo 10.3.1

Calcula cuántos mililitros de ácido clorhídrico, HCl(ac), 0.125 M son necesarios para que reaccionen por completo 0.500 g de $CaCO_3$ que contiene una tableta antiácida, de acuerdo con la siguiente ecuación química.



Solución:

Como la cantidad química conocida se da en gramos y es preciso calcular el volumen de solución (de molaridad conocida) de otra sustancia, se usará la siguiente secuencia de conversión.

Plan : Gramos de A \rightarrow *Moles de A* \rightarrow *Moles de B* $\xrightarrow{\text{molaridad de B}}$ *Volumen de B*
(solución)

Paso 1. Obtener una ecuación química balanceada. (Está disponible)

Paso 2. Anotar la cantidad conocida de una sustancia marcada como “gramos de A” como punto de partida (Para este problema se tienen 0.500 g de CaCO_3 como punto de partida).

Paso 3. Plantear la conversión de “gramos de A” a “moles de A” utilizando la masa molar de A como factor de conversión.

$$0.500 \text{ g } \text{CaCO}_3 \times \frac{1 \text{ mol } \text{CaCO}_3}{100.0 \text{ g } \text{CaCO}_3} \quad (\text{incompleta})$$

Paso 4. Plantear la conversión de “moles de A” a “moles de B” usando la relación molar (mol B/mol A) derivada de la ecuación química balanceada.

$$0.500 \text{ g } \text{CaCO}_3 \times \frac{1 \text{ mol } \text{CaCO}_3}{100.0 \text{ g } \text{CaCO}_3} \times \frac{2 \text{ mol } \text{HCl}}{1 \text{ mol } \text{CaCO}_3} \quad (\text{incompleta})$$

Paso 5. Para este problema, hay que convertir los “moles de B” a un volumen de solución, “volumen de B”. Para ello se utiliza la molaridad de la solución (0.125 M, que significa 0.125 mol/L), pero en su forma invertida, 1 L/0.125 mol HCl, para los términos se cancelen. En seguida, hay que completar los cálculos usando una calculadora.

$$0.500 \text{ g } \text{CaCO}_3 \times \frac{1 \text{ mol } \text{CaCO}_3}{100.0 \text{ g } \text{CaCO}_3} \times \frac{2 \text{ mol } \text{HCl}}{1 \text{ mol } \text{CaCO}_3} \times \frac{1 \text{ L de solución}}{0.125 \text{ mol } \text{HCl}}$$

$$= 0.0800 \text{ L de Solución}$$

Como el volumen de HCl (ac) se tiene que dar en milímetros, es preciso hacer una conversión adicional.

$$0.0800 \text{ L de solución} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 80.0 \text{ mL HCl(ac)} \quad (\text{respuesta})$$

11. Algoritmo para expresar la concentración de una solución como porcentaje en masa

En la forma matemática, la definición de porcentaje en masa se puede escribir

como

$$\text{Porcentaje en masa} = \frac{\text{Masa de soluto}}{\text{Masa total de la solución}} \times 100\%$$

Ejemplo 11.1

¿Cómo se preparan 250. g de una solución acuosa de NaCl al 6.0% en masa?

Solución:

Paso 1. Calcular la masa de soluto, NaCl, que se necesita.

$$6.0\% \times 250.0 \text{ g} = 0.060 \times 250. \text{ g} = 15 \text{ g de NaCl (el soluto)}$$

Paso 2. Restar la masa del soluto de la masa total de la solución para obtener la masa de disolvente necesaria.

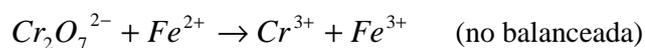
$$250. \text{ g en total} - 15 \text{ g de soluto} = 235 \text{ g de agua (el disolvente)}$$

Paso 3. Para preparar la solución, disolver 15 g de NaCl en 235 g de agua. Como 1 g de agua tiene un volumen de 1.0 mL (la densidad del agua es 1.0g/mL), basta con mezclar 235 mL de agua con 15 g de NaCl para preparar la solución.

12. Algoritmo para balancear ecuaciones redox

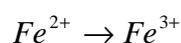
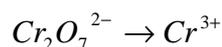
Ejemplo 12.1

Cuando se agrega una solución que contiene iones hierro (II) a una solución naranja de dicromato aparece una coloración verde, lo que indica que se han formado iones cromo (III). También se detectan iones hierro (III) en la solución final. Escribe una ecuación balanceada que represente a esta reacción.

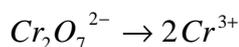


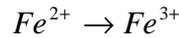
Solución:

Paso 1. Escribir las semirreacciones.

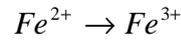


Paso 2. Balancear los átomos de Cr.

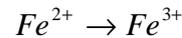
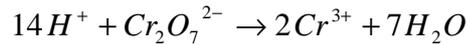




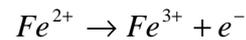
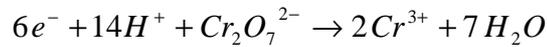
Paso 3. Balancear los átomos de O con $7 H_2O$.



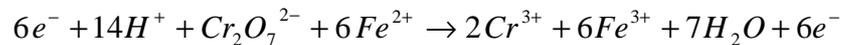
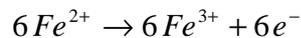
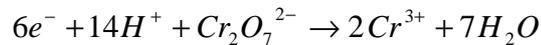
Paso 4. Balancear los átomos de H con $14 H^+$.



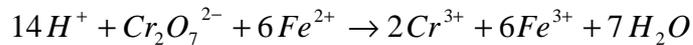
Paso 5. Balancear las cargas eléctricas con $6e^-$ y $1e^-$.



Paso 6. Multiplicar la segunda ecuación por 6 y sumar las semirreacciones.



Paso 7. Cancelar los electrones para obtener la ecuación balanceada más sencilla.



Revisar para asegurarse que todos los átomos y cargas estén balanceados y todas las sustancias se hallen en las proporciones más simples de números enteros.

2.1.3.2 Resolución de problemas científico-químicos

Entendemos por problemas científico-químicos aquellos en los que, a partir de una situación inicial concreta, se tiene que alcanzar también una meta concreta por medio de una serie de operaciones permitidas, no habiéndose identificado una forma de hacerlo.

De todos los caminos que pueden seguirse para resolver un problema, muchos no conducen a ningún sitio; es necesario, pues, seleccionar uno de los pocos que llevan a la meta deseada. Si el número de alternativas posibles es pequeño, esta tarea puede ser simple; pero si es grande, será necesario realizar procesos de transferencia y toma de decisiones difíciles.

La inteligencia es un determinante primordial de la capacidad de solucionar problemas. Muchos de los factores medidos en los tests de inteligencia (memoria, comprensión, procesamiento de la información, etc.) afectan a la capacidad de resolver problemas.

La práctica aumenta, como es lógico, esta capacidad (se dice que a resolver problemas se aprende resolviendo muchos). Efectivamente, hay buenas razones para creer que la práctica, guiada a través de una enseñanza por descubrimiento sistemático de estrategias explícitas, la potencia. Todos los planteamientos de enseñanza se centran fundamentalmente en tres aspectos: facilitar un conocimiento comprensivo de la materia a través de un aprendizaje significativo, promover la práctica de ciertas claves generales y procedimientos específicos, y ofrecer feedback sobre las estrategias seguidas.

Objetivo de aprendizaje

La resolución de problemas científico-químicos, que va más allá de la mera demostración por parte del docente, pretende que el alumno, a través de una enseñanza por descubrimiento guiado, alcance objetivos de aplicación propiamente dichos, o incluso objetivos más complejos.

Análisis

Un problema que es trivial para un experto puede ser muy difícil, o insoluble, para un alumno. Esto depende no sólo de los conocimientos y de la práctica que tenga la persona, sino también de la naturaleza del problema.

Es importante, por tanto, que el docente analice la naturaleza de los problemas para clasificarlos como ejercicios meramente repetitivos, o problemas que suponen una aplicación de principios y procedimientos, o incluso procesos mentales que exigen capacidades más complejas como el análisis o la síntesis, siempre desde el punto de vista del alumno.

Esta clasificación de problemas puede hacerse de acuerdo con las siguientes tres

características:

Situación inicial

- (1) El problema es familiar al alumno.
- (2) Lo reconoce.
- (3) Es desconocido.

Procedimientos de resolución

- (1) El proceso es familiar al alumno.
- (2) Lo reconoce.
- (3) Es desconocido.

Producto o situación final

- (1) La solución es familiar al alumno.
- (2) Lo reconoce.
- (3) Es desconocida.

En los problemas científico-químicos, el producto o situación final casi siempre es familiar, por lo que es suficiente una representación bidimensional con las dos coordenadas referentes a la situación inicial y al procedimiento. Resultarán así, entre otras, las siguientes clases:

- a) **Ejercicios:** Problemas de dificultad mínima (1, 1), ya que el alumno tendría que aplicar a una situación familiar tanto principios como procedimientos conocidos por él. Se reducen a la repetición de algoritmos, cuya metodología se trató ya en la técnica didáctica de "Procesos".
- b) **Análisis y síntesis:** Problemas muy difíciles (3, 3), ya que implican procesos mentales complejos, por lo que no suelen constituir objetivos académicos.
- c) **Problemas:** Presentan una dificultad media (2, 2) y (2, 3), y suelen suponer objetivos de aplicación de principios y procedimientos a situaciones nuevas, aunque análogas a las conocidas por el alumno.

Estrategias

Nos proponemos estudiar a continuación los elementos fundamentales de los métodos más eficaces para enseñar a resolver problemas (2, 2) y (2, 3) científico-químicos.

Una estrategia es una sucesión sistemática de acciones que se realizan para llegar a una meta. No hay recetas ni procedimientos exclusivos para resolver problemas, aunque la estrategia que más frecuentemente usan los estudiantes es la de "terminar cuanto antes".

Cuando no se dispone de ningún patrón para establecer relaciones significativas entre los datos de un problema, es casi inevitable empezar a resolverlo por "ensayo-error". Aquí nos centramos, sin embargo, en aquellas situaciones en las que es posible aplicar sistemáticamente estrategias que consisten en el intento de descubrir un sistema de relaciones entre los datos disponibles, y en seleccionar principios y procedimientos conocidos que fundamenten la solución del problema. En este enfoque pueden distinguirse las cinco fases siguientes:

A) Conocimientos básicos

Resolver con eficacia problemas requiere:

i. Conocimiento de datos y conceptos

La resolución de problemas científico-químicos (2, 2) y (2, 3) no se puede llevar a cabo sin un considerable acervo de conocimientos asimilados siempre a través de un aprendizaje significativo y, con frecuencia, sin un cambio conceptual laborioso. La resolución de problemas supone, además, unos conocimientos complementarios, ya que las meras descripciones de datos y definiciones de conceptos, por muy ricas, consistentes y lógicamente suficientes que sean, son totalmente insuficientes desde un punto de vista psicológico para solucionar problemas. Comprender significativamente los conceptos es condición necesaria, pero no suficiente, para resolver problemas. Así pues, la solución acertada de problemas indica sin duda que está presente la comprensión, pero la solución desacertada no demuestra la falta de dicha comprensión.

Con frecuencia, un conocimiento "comprendido" no se sabe aplicar a un problema dado, porque la capacidad de aplicación requiere, además, relacionar elementos del conocimiento teórico de la materia entre sí y con la situación-problema concreta. Para ello, un concepto tendrá que ir acompañado de un

conocimiento complementario notablemente amplio, y a veces sutil, que los expertos tienen y usan de una manera rutinaria e implícita. Muchas de las dificultades y confusiones, al resolver problemas, se deben a que erróneamente se presume este tipo de conocimiento en el aprendiz, pero éste carece de él porque nunca se le enseñó de modo explícito.

Este conocimiento complementario se concreta en los siguientes aspectos:

a. Significado de conceptos

El conocimiento complementario más básico para aplicar un concepto es el necesario para especificar su significado a través de una:

- **Descripción informal** o visión aproximada, intuitiva y familiar de su significado, cuando sea posible, para lo que no es necesario un conocimiento excesivamente especializado.
- **Definición formal o interpretación** del concepto, que puede ser una frase breve, una fórmula o un diagrama, para la que es necesario un conocimiento más especializado. Es útil porque con su definición se puede recordar más fácilmente el concepto y desarrollarlo cuando sea necesario. No tiene sentido si no se relaciona con la descripción informal. De ahí los errores de los alumnos que se contentan con construir representaciones puramente algebraicas de las leyes químicas, sin relacionarlas con modelos químicos; o con una manipulación rutinaria del lenguaje matemático, sin comprender su significado.

Esta definición formal debe especificar todas las variables independientes necesarias para describir un concepto sin ambigüedades.

Ejemplo:

No se puede hablar de relación, por ejemplo, de relación de x , si no se concreta desde qué hasta qué, por ejemplo, de x a y , para identificar las dos variables independientes, x e y , necesarias para especificar el concepto.

Casos particulares importantes de un concepto: La comprensión del significado de un concepto supone, con frecuencia, también el conocimiento sobre prototipos o casos especiales importantes de dichos conceptos. La definición de un concepto es por lo común muy general, aplicable a muchos casos

diferentes, correspondientes a todos los posibles valores de las variables independientes o a sus propiedades, puesto que tal aplicación está lejos de ser obvia

Ejemplo:

Cuando un aprendiz se encuentra por primera vez con el concepto de aceleración, definido por la fórmula de apariencia sencilla: $a = \frac{dv}{dt}$, está lejos de ser obvio que

esta fórmula implique que la aceleración de una partícula puede tener el mismo sentido o sentido opuesto a la velocidad de una partícula que se mueve a lo largo de una línea recta; o que la aceleración es perpendicular a la velocidad de una partícula que se mueve a la velocidad constante en una trayectoria circular.

b. Organización del conocimiento

El conocimiento básico de conceptos puede ser tan inútil como un gran archivo con mucha información pero sin clasificar. La utilidad de la información depende de cómo esté organizada, con el fin de que cada elemento pueda ser recuperado para cada tarea. Una información sin clasificar "no existe", incluso puede entorpecer la adquisición de más información, puesto que será como buscar una aguja en un pajar. Esto es especialmente importante en niveles donde la información es abundante y compleja.

ii. Conocimiento de procedimientos

Las estrategias generales no pueden suplir el conocimiento de los procedimientos específicos de cada campo concreto de las ciencias o de las matemáticas. Con las estrategias generales más una breve información de datos, métodos y conceptos de una materia, el aprendiz nunca podrá llegar a resolver los problemas típicos de esa materia. Por tanto, además de las estrategias heurísticas generales, el conocimiento básico debe incluir también procedimientos específicos de cada área.

a. Procedimientos específicos

Es el conocimiento operacional de los procesos que detallan paso a paso lo que debe hacerse para seleccionar y aplicar en cada caso el concepto, principio o teoría adecuados.

Ejemplo:

Las fórmulas del movimiento acelerado son aplicables en la caída libre, siempre que la fuerza de rozamiento sea despreciable; de lo contrario, puede llegar a convertirse en movimiento uniforme.

b. Aplicabilidad

Para facilitar la toma de decisiones en la resolución de problemas, un concepto debe ir acompañado de las condiciones de aplicabilidad, que especifican cuándo puede ser legítimamente aplicado, y de las condiciones de utilización, que indican cuándo puede ser útilmente aplicado.

Ejemplo:

Las fórmulas del movimiento acelerado son aplicables en la caída libre, siempre que la fuerza de rozamiento sea despreciable; de lo contrario, puede llegar a convertirse en movimiento uniforme.

c. Valores

Elementos necesarios para especificar un concepto; por ejemplo, Magnitud y signo para un escalar; además, dirección y sentido para un vector. Dominio y expresión algebraica para una función.

Unidades necesarias para especificar un valor; por ejemplo, Unidades de superficie, volumen, etc.

Expresión completa, normalmente en lenguaje matemático, necesaria para especificar un concepto.

Valores posibles y usuales de un concepto físico.

iii. Eliminación de errores

Los errores más comunes en la aplicación de un concepto o principio, derivados de la falta de conocimiento básico, son:

Confusión entre conceptos representados con un símbolo similar; por ejemplo:

Electrón: ${}_{-1}^0e$ ó ${}_{-1}^0\beta$ y positrón: ${}_{+1}^0e$ ó ${}_{+1}^0\beta$

a. Confusión de unos conceptos con otros usados para describir aspectos

diferentes de análoga situación; por ejemplo: Confusiones masa-concentración en equilibrios heterogéneos y las relacionadas con el efecto de la adición o eliminación de sustancias sólidas en equilibrios heterogéneos

- b. Errores en las condiciones de aplicabilidad; por ejemplo: En la predicción de la evolución de sistemas en equilibrio químico que han podido ser perturbados: cambios de presión (volumen) a temperatura constante; cambios de temperatura a presión constante. En estos problemas, muchos alumnos se confunden entre el estado de equilibrio inicial, equilibrio perturbado (no equilibrio) y el estado de equilibrio final.
- c. Errores en la especificación de valores; por ejemplo, elementos erróneos o que faltan.
- d. Errores en la especificación de variables independientes, que llevan a ambigüedades y confusión: Con frecuencia los alumnos no se fijan en las informaciones que se dan y que son clave para identificar la naturaleza del problema.
- e. Errores en procedimientos específicos; por ejemplo: errores en los cálculos estequiométricos.
- f. Errores en las ayudas simbólicas útiles; por ejemplo: diagramas
- g. Para evitarlos, debe tenerse en cuenta lo dicho en los apartados anteriores sobre conocimiento básico y complementario, así como la comprensión de la naturaleza del problema.

B) Representación del problema

- Leer detenidamente el problema, anotando los datos y volver a leerlo para conseguir una imagen global.
- Intentar describir el problema utilizando palabras distintas a las utilizadas en el enunciado y, si es posible, hasta en orden diferente.
- Representarlo gráficamente, asignándole símbolos familiares si es posible.

- Realizar una interpretación a partir de las definiciones del conocimiento científico y representarlo con los convencionalismos científicos.

Los expertos, cuando tienen que enfrentarse con un problema, suelen dedicar más esfuerzo y tiempo a describirlo e interpretarlo que a intentar solucionarlo; en cambio, los aprendices, como una vez que el profesor explicita y resuelve los problemas les parecen obvios y simples, suelen pasar inmediatamente a la elaboración de la solución, sin dedicar tiempo a su descripción e interpretación. Dicho de otra manera, intentan saltar antes de mirar, porque erróneamente creen que ésta es la forma más rápida y económica de terminar su tarea.

Esta representación inicial no debe depender excesivamente de la meta del problema; en otras palabras, debería permanecer casi lo mismo, aunque se modificase la incógnita.

Esta fase puede resultar tediosa al aprendiz: pero es de gran importancia porque pretende transformar la situación-problema a una forma que facilite su solución, ya que ésta se alcanza con unas representaciones más fácilmente que con otras - relaciones que son oscuras con una representación, a veces se vuelven obvias con otras-, hasta el punto de que la representación puede determinar si el problema se puede resolver, puesto que ésta determina qué conocimiento se activará en la memoria a largo plazo.

Para ello, conviene tener en cuenta lo dicho anteriormente tanto sobre la relación entre representación interna y externa, como sobre los distintos modos de representación externa.

Esta representación inicial del problema debe hacerse a dos niveles, de acuerdo con los conocimientos complementarios antes mencionados:

i. Descripción básica

El primer nivel consiste en que el alumno, a partir de su capacidad de realizar descripciones informales, reformule el problema en términos que sean fácilmente inteligibles para él; es decir, traslade, si es posible, una descripción verbal a un modelo físico o matemático, por medio de dibujos, figuras y esquemas. Por tanto, en esta primera descripción se debe:

- a) Subrayar las características relevantes.

- b) Visualizar el sistema problemático para “ver” lo que sucede.
- c) Describir los datos o situación inicial, con varios tipos de representaciones icónicas, verbales o simbólicas, seleccionando los símbolos adecuados para cada parámetro, identificando los conocidos, los desconocidos pero que se necesitan, y los desconocidos que no se necesitan.
- d) Formular lo que se pide, incluyendo las posibles condiciones especiales impuestas a la solución.

Hay alumnos que no lo saben hacer porque les falta el conocimiento complementario, otros no se toman el trabajo de hacerla y pasan a resolverlo de una manera puramente algebraica o rutinaria.

En este sentido la enseñanza es a veces no sólo inadecuada, sino que incluso es perjudicial, ya que muchos profesores, y libros de texto, tienden a subrayar y a exigir desde el primer momento una excesiva precisión y formalismo matemático, hasta tal punto que los alumnos llegan a creer que deben evitar las descripciones verbales cualitativas, por científicamente ilegítimas. Las descripciones verbales cualitativas, y hasta vagas, pueden ser muy útiles para planificar las soluciones de los problemas que no sean puramente algebraicos.

ii. Interpretación científica

Después de la descripción básica, es de gran importancia hacer una interpretación - en problemas difíciles (3,3) es necesario un análisis-: es decir, traducir el problema a las definiciones formales del lenguaje utilizado por la ciencia, preparándolo así para la aplicación de los principios y procedimientos adecuados. El conocimiento científico aclara los conceptos necesarios para describir objetos y fenómenos, las propiedades de estos conceptos y los principios que los relacionan. Aunque el enunciado de un problema no contenga ningún concepto científico, los expertos empiezan a leerlo inmediatamente en términos científicos, es decir, de aceleración, funciones, vectores. etc. Esto proporciona información útil para acotar y preseleccionar los procedimientos o vías posibles de solución que se van a probar posteriormente, así como para evitar errores en el proceso de resolución.

El saber realizar tanto descripciones cualitativas informales, como interpretaciones científicas formales, es importante para resolver problemas, y no debe despreciarse ninguna. Los alumnos que consiguen realizar ambas llegan a resolver más

problemas; por el contrario, alumnos con conocimientos parecidos, pero que no lo hacen, solucionan menos problemas. Por tanto, en este segundo nivel se debe:

- a) Describir cada objeto relevante en el problema con las definiciones del conocimiento científico.
- b) Concretar las propiedades y valores conocidos de estos conceptos, y asignarles los símbolos usuales.
- c) Sacar conclusiones de la información dada, muchas veces implícita (a veces no se sacan estas conclusiones, o se sacan "incorrectamente", por ejemplo: "Un conductor conectado a tierra, en vez de potencial 0, se deduce que tiene carga 0").
- d) Anticipar algunos aspectos generales de las soluciones, es decir:
 - Si es verosímil.
 - Cuál es el orden de los valores posibles de la solución.
 - Cuáles serían los efectos, si los parámetros tuvieran valores especiales, por ejemplo, extremos.
 - Elaborar las soluciones de una forma simbólica general para que puedan ser fácilmente modificadas y comprobadas.

iii. Naturaleza del problema

A partir de las descripciones e interpretaciones anteriores, hay que reconocer las características relevantes de una situación dada, aislarlas de las no relevantes y establecer relaciones para seleccionar, de entre lo conocido, los conceptos y procedimientos adecuados para solucionar el problema. Esta capacidad de identificar la naturaleza del problema la da fundamentalmente la práctica reflexiva de resolver problemas, y apenas se puede explicitar.

C) Planificación

- Plantearse la pregunta: ¿Qué sé yo en relación a la situación que describe el problema?, tomando nota escueta de los conceptos y procedimientos que pueden aplicarse, e intentar aplicarlos.
- Recordar si hemos resuelto algún problema análogo y si tenemos algún

esquema personal de lo que hemos hecho.

- Preguntarse: ¿Qué nos dan? ¿Qué nos piden?
- Desarrollar el esquema personal recordado a partir de los datos e incógnitas de esta última pregunta.
- Si es posible, dividir el problema en subproblemas o aplicar alguna otra estrategia general heurística.
- Si el problema no sale, analizar el porqué y volver al principio, repitiendo los diferentes pasos utilizando un camino distinto.
- Una vez terminadas las descripciones e interpretaciones iniciales, es hora de seleccionar un camino posible para llegar a la meta.

i. Selección de conceptos y procedimientos

Los aprendices tienden a tomar indiscriminadamente fórmulas de aquí y de allá, casi al azar, con la esperanza de que alguna de ellas resulte útil. A no ser que los problemas sean excesivamente sencillos o familiares, estos métodos casi nunca llevan al éxito. Por otro lado, como los profesores apenas si proporcionamos enseñanza explícita de los métodos necesarios para buscar eficazmente la solución de problemas, no debe sorprender que los de muchos alumnos sean primitivos e ineficaces.

A partir de la descripción e interpretación de datos e incógnitas que llevan a la formulación de la naturaleza del problema, deben identificarse, en el conocimiento básico, las relaciones clave, es decir, los conceptos y los procedimientos, con frecuencia materializados en fórmulas y ecuaciones, que podrían jugar un papel importante en su solución. Luego ha de comprobarse su validez y utilidad en el caso concreto para, por fin, seleccionar una o varias de esas fórmulas o ecuaciones para abordar la solución del problema.

Nadie resuelve problemas considerando siempre todos los conceptos y procedimientos posibles. Las consecuencias de algunas decisiones se estudian una vez, se personalizan y, a partir de ese momento, la selección se hace con la ayuda de estas estructuras personales, muchas veces implícitas y sutiles, previamente adquiridas.

Las causas más comunes del uso incorrecto de fórmulas y ecuaciones, que ilustramos con ejemplos, son:

- a) La no identificación de la naturaleza del problema, es decir, no reconocer elementos y propiedades importantes de la situación-problema que son la clave para seleccionar el procedimiento adecuado; por ejemplo: Aplicar $Q = \rho \cdot V$, donde ρ no es homogéneo. No reconocer que un determinado triángulo es rectángulo, y consecuentemente no aplicar el teorema de Pitágoras.
- b) La ignorancia de los conceptos adecuados; por ejemplo: Utilizar $\Phi = \int E dx dy dz$ como si fuese la fórmula de flujo. Ignorar el concepto de función continua.
- c) La interpretación errónea de los símbolos de una fórmula o la falta de comprensión de su significado; por ejemplo: La interpretación errónea de la integral de flujo y carga del teorema de Gauss.

ii. Diseño del proceso

El diseño del proceso de resolución de problemas es una descripción general de las maneras posibles de resolverlo, antes de ponerse a elaborarlas. Es la parte más difícil, que se omite con frecuencia aunque se llegue a la solución correcta.

El alumno debe considerar globalmente qué acciones debe realizar para ver si hay caminos para unir lo que se da, los datos, y lo que se pide, las incógnitas. Una función muy importante de esta fase es la localización de subproblemas.

En definitiva, se trata de seleccionar alguno de los métodos generales de investigación descritos: Fraccionamiento, Aproximación. Simplificación. Razonamiento regresivo, etc., y sobre todo echar mano de los esquemas personales interiorizados de problemas resueltos previamente. Influye tanto el número de esquemas, como la naturaleza de estos esquemas.

Sin embargo, aun utilizando cualquiera de estas estrategias, el método favorito, aunque no exclusivo, de los científicos es plantear ecuaciones, y luego resolverlas, lo que conlleva los siguientes pasos:

- a) Generar, a partir del conocimiento disponible, suficientes condiciones, de tal

manera que exista alguna solución que satisfaga a todas ellas. Este primer paso es lo más difícil. Las condiciones pueden describirse a varios niveles de detalle, es decir, como afirmaciones verbales cualitativas o como ecuaciones matemáticas, para identificar las variables conocidas, las desconocidas y que no se necesitan, y las desconocidas hay que eliminar. Cada condición reduce las posibles soluciones. Por ejemplo: Se puede hacer la afirmación de que "el movimiento de una partícula depende de la interacción con otras partículas", o la más precisa de que "la aceleración de una partícula es función de la fuerza total sobre ella ", o la ecuación más precisa aún de la Segunda Ley de Newton, $F = m \cdot a$.

- b) Construir la solución a partir de las condiciones disponibles. Este segundo paso es casi automático -a no ser que se trate de problemas muy complejos- por medio de algunas técnicas matemáticas formales para transformar condiciones existentes en otras que faciliten llegar a la solución deseada, por ejemplo *sistemas de ecuaciones*; o técnicas sistemáticas de generar una solución provisional y comprobar si ésta satisface todas las condiciones, por ejemplo *la resolución de algunas ecuaciones diferenciales*.

El uso de ecuaciones es más potente y eficaz que los métodos lineales -por ejemplo, simples cadenas causales-, ya que se puede usar toda la información simultáneamente para generar condiciones, y luego, a partir de ellas, llegar a la solución. Con frecuencia, se usa en combinación con otras estrategias, como por ejemplo el Análisis Medios-Fines.

iii. Elaboración

Es el paso final de la planificación, y consiste en llevar a cabo los pasos anteriormente diseñados.

Destacan dos fuentes de errores en esta fase: la falta de rigor o descuido, y la falta de conocimientos auxiliares, como por ejemplo de geometría o cálculo.

Si durante la elaboración surgen dificultades inesperadas, es decir, se localizan subproblemas y se producen atascamientos, hay que volver a la fase anterior y empezar modificando la descripción inicial. El alumno trabaja así alternativamente en el diseño y en la elaboración.

D) Valoración de las soluciones

Se trata de comprobar la solución concreta obtenida y de procesar las estrategias utilizadas para interiorizar esquemas eficaces para el futuro.

i. Comprobación

Una vez que se llega a la solución, es importante, si es posible, comprobar si es correcta. Los siguientes son algunos criterios generales, enumerados en orden creciente de rigor, para comprobarla. En caso de que una solución no los cumpla, deberá mejorarse hasta que los satisfaga a todos.

Interpretabilidad: ¿Contiene la discusión, símbolos y operaciones con significados bien definidos para evitar ambigüedades?

- a) **Totalidad:** ¿Están todas las respuestas completamente desarrolladas?
- b) **Consistencia interna:** ¿Es la respuesta lógica e internamente consistente; por ejemplo, son las unidades consistentes?
- c) **Consistencia externa:** ¿Es la solución consistente con la información de fuera del mismo problema? ¿Es razonable el valor de la respuesta? ¿Depende la respuesta cualitativamente de los parámetros del problema; por ejemplo, los cambios en estos parámetros producen cambios esperados en la respuesta? ¿Está de acuerdo la respuesta con las obtenidas en casos especiales; por ejemplo, las que corresponden a valores extremos de los parámetros? ¿Está de acuerdo la respuesta con las obtenidas por otros métodos diferentes?
- d) **Respuesta óptima:** ¿Está la solución suficientemente simplificada?

ii. Esquema

Para aprender a resolver problemas es esencial que el alumno, después de su resolución, vuelva a reflexionar sobre lo que hizo y lo que podía haber hecho, resumiendo en un esquema su manera de resolverlo. Sólo una minoría de alumnos hace esta reconstrucción.

Además, los esquemas de los aprendices suelen ser más concretos: Problemas de muelles, *de equilibrio*, *de ecuaciones*, lo que les puede inducir a tratar los mismos problemas como diferentes; en cambio, los esquemas de los expertos son más generales y precisos: Problemas de trabajo de momento de inercia, de ecuaciones lineales.

Un buen esquema debe incluir los resultados de la interpretación, los conceptos y los procedimientos que se identificaron, conformando una representación útil de su conocimiento, lo que se puede concretar en los elementos siguientes:

- a) **Conocimientos:** Fijar el conocimiento básico y complementario necesario para los tipos de problema como el resuelto.
- b) **Condiciones:** Determinar las condiciones, es decir, si y cuándo se puede usar este conocimiento.
- c) **Proceso:** Completarlo con la forma general con que el individuo organiza y controla su comportamiento a la hora de resolver estos problemas.

E) Estrategias afectivas

Llevar al alumno a la convicción de que, con los conocimientos de que dispone, puede resolver la mayoría de los problemas que le vamos a plantear.

La experiencia de éxitos pasados mejora la confianza en sí *mismo* y la disposición de improvisar; mientras que los fracasos continuados ejercen efectos negativos para la solución de problemas, especialmente en el caso de tareas nuevas y difíciles. Sin embargo, un grado moderado de fracasos suele ser saludable, porque aumentan la atención y la disposición a considerar opciones alternativas. Es, por tanto, imprescindible graduar la dificultad de los problemas que se proponen.

F) Resumen

El método más común para resolver problemas se basa sobre todo en proporcionar a los alumnos ejemplos de problemas resueltos, y luego abandonarles para que resuelvan otros parecidos. Esto no es eficaz para la mayoría de los alumnos.

La enseñanza eficaz de resolución de problemas es una tarea que requiere la explicitación de muchos aspectos, cada uno de ellos notablemente complejo. En los párrafos anteriores hemos intentado presentar los elementos esenciales del conocimiento específico y de los procesos mentales que facilitan la resolución de problemas científico-químicos. Este enfoque sugiere que cada uno de estos elementos debe enseñarse separada y explícitamente:

- Debe enseñarse a los alumnos el conocimiento básico y complementario necesario para interpretar adecuadamente los conceptos científicos, y cómo organizarlo jerárquicamente.

- Ha de enseñarse también cómo generar buenas descripciones e interpretaciones, cómo usar métodos de toma de decisiones y cómo usar criterios explícitos para evaluar los méritos de las soluciones.
- Finalmente, hay que asegurarse de que los alumnos aprendan a integrar estos elementos en esquemas personales para que puedan usarlos a la hora de resolver problemas análogos.

En resumen:

1. Adquirir un conocimiento organizado y complementario de la materia.
2. Representar el problema de una manera informal e interpretarlo con el conocimiento científico.
3. Seleccionar los métodos adecuados, incluyendo procedimientos rutinarios.
4. Valorar los resultados y conformar esquemas personales de resolución.
5. Convencer al alumno de que puede resolver problemas.

De esta manera, enseñaremos más a solucionar problemas y nos dedicaremos menos a demostrar soluciones de problemas.

2.1.4 El rendimiento académico.

En los últimos 20 años han ocurrido grandes cambios doctrinarios, teóricos y tecnológicos en la educación, a nivel mundial y, en alguna medida, a nivel nacional. Cuéntese entre ellos, el gradual abandono de la influencia conductista y neoconductista, cuya hegemonía fue muy grande desde comienzos del siglo XX.

Se produjo el proceso inverso con la creciente importancia del enfoque psicogenético. Cuya principal fuente fue el pensamiento de **Jean Piaget (1997)** y seguidores, así como de los enfoques histórico-genéticos y socioculturales entre los cuales jugaron un rol importante **Vigotsky (1982)** y **Ausubel (1983)**.

En la actualidad, predomina una corriente pedagógica tributaria de las fuentes antes señaladas y que, englobando variantes, se denominan “concepción constructivista de la educación”. Pese a los cambios ocurridos, un núcleo de conceptos básicos acerca de la evaluación sigue vigente, enriquecido con los aportes de la corriente aludida.

En primer lugar, la concepción moderna de currículo según **Carretero (1993)** y **Coll, et al (1993)** incluyen a la evaluación como una pieza importante. En efecto, la noción de currículo entre otras cosas, responde a las preguntas ¿Qué enseñar?, ¿A quién enseñar?, ¿Cuándo enseñar?, ¿Cómo enseñar?, ¿Para qué enseñar?, ¿Con qué recursos enseñar?, ¿Con qué secuencia?, ¿Qué evaluar?, ¿Cómo evaluar?, ¿Para qué evaluar? Sin duda, estas preguntas tendrían un sentido más cabal si aludieran no sólo a enseñar sino al proceso enseñanza-aprendizaje. Tales preguntas dan origen a un conjunto estructurado de previsiones, de carácter sistemático y dinámico, que interactúa con la comunidad, y sectores más amplios de la sociedad, modificándola y modificándose.

En segundo lugar, es de antigua data el concepto de que se evalúa, entre otros propósitos, para que el educando conozca los resultados y la orientación de su trabajo a fin de que sea reforzado en lo positivo y sean rectificadas las deficiencias. Asimismo, el docente evalúa para conocer los resultados de su labor, a efectos de introducir los reajustes que resulten aconsejables. En ambos casos es relevante el mecanismo de retroalimentación que es inherente a la evaluación.

Asimismo, la distinción que Michael Scriven (**citado por Casanova, 1999**) propuso hace ya varios lustros, ha sido muy fecunda. Nos referimos a las nociones de Evaluación Formativa o de Proceso y la Evaluación Sumativa. Mientras que la primera sirve fundamentalmente al profesor para reajustar el curso del proceso enseñanza-aprendizaje y, al educando, para afirmar su aprendizaje o modificarlo, la segunda le sirve al profesor para tomar decisiones, que atañen a la administración de la educación.

Se preconiza que, en lo posible, el docente, antes de evaluar, mida los logros educativos. En todo caso, tiene permanente vigencia el privilegio que tiene el profesor de calificar, porque él conoce a sus alumnos.

La concepción constructivista del aprendizaje ha puesto el acento en la evaluación diferenciada, flexible en atención al principio de las diferencias individuales ("atención a la diversidad") y a la suprema premisa de "educación para todos".

En la práctica educativa, nosotros encontramos, tanto en el nivel secundario como en la universidad, una tendencia a simplificar la evaluación, quizás por la ley del menor esfuerzo, y al margen de los conceptos pedagógicos, las normas técnico-pedagógicas y las directivas específicas. Por ejemplo, no se hace una ponderación técnica, mediante coeficientes, pesos porcentuales, de los diferentes rubros de evaluación, según su importancia relativa. La práctica generalizada es usar de manera arbitraria la escala

vigesimal, en base a criterios insostenibles como el siguiente: los trabajos escritos son menos importantes que el examen, por lo tanto, la máxima nota en trabajos escritos es 16 y para el examen, 20. Otro aspecto erróneo y muy arraigado es la falta de uniformidad con que se maneja la citada escala de 1 a 20. Mientras que algunos docentes son en extremo bondadosos en otorgar notas de 18, 19 y 20, otros docentes regatean y se jactan de que su nota máxima es 15.

Se aprecia que en los documentos técnico-pedagógicos elaborados por el Ministerio de Educación falta una clara distinción teórica y operacional entre la medición basada en criterios y la medición basada en normas, en el contexto de la evaluación educacional, **(Meherens, 1973)**. Mientras que la primera se refiere a estándares establecidos u objetivos que se deben alcanzar porque así lo requiere la variación secuencial de ciertos aprendizajes curriculares, por ejemplo, hay que aprender a sumar para luego aprender a multiplicar, o aprender la comprensión de oraciones para luego aprender la comprensión del contenido de un material de lectura, la segunda obedece a un enfoque estadístico que permite comparar el rendimiento de un individuo con el alcanzado por el grupo del aula o un grupo de referencia más amplio.

Tal distinción es fundamental para que el docente pueda discernir el uso de recursos técnicos en la evaluación del proceso enseñanza-aprendizaje y la flexibilidad permisible de su manejo.

Asimismo acusan deficiencias tanto los documentos procedentes del Ministerio de Educación como la formación profesional de docentes de todos los niveles y modalidades en lo que atañe a la tecnología de construcción de pruebas educacionales. No nos referimos a los sofisticados, métodos relacionados con la elaboración y validación de pruebas educacionales estandarizadas, cuyo fundamento es eminentemente psicométrico, lo cual es exigible a los especialistas, sino a la tarea cotidiana de elaborar pruebas objetivas o de tipo ensayo para su empleo en el aula, las cuales, no obstante su sencillez, deben responder con precisión a la determinación de qué contenidos y qué habilidades o procesos del pensamiento, y con qué peso relativo se quiere medir y evaluar.

Por otro lado, especialmente en zonas marginales pobres, la motivación para el estudio de una gruesa proporción de alumnos es marcadamente baja y no les importa obtener notas desaproboratorias. Es el profesor, muchas veces, el que se preocupa, y a veces se angustia, cuando su registro tiene un predominante color rojo, con cantidades de desaprobados que superan largamente el 60% y, por lo tanto, teme que el hecho se interprete como un fracaso del docente. Entonces, el profesor convoca a los alumnos por grupos o individualmente

para ofrecerles oportunidades de pasos o trabajos y muchos de ellos todavía permanecen indiferentes; otros, si se presentan a un nuevo paso o examen, lo hacen en las mismas condiciones que la primera vez.

Pese a tales restricciones hemos decidido en el presente trabajo de investigación tomar el promedio de notas como indicador del rendimiento académico.

2.1.5 La medición del rendimiento académico

En el marco de la presente investigación, como en el de muchas otras investigaciones educacionales y psicológicas, se define conceptualmente el **rendimiento académico** como los logros alcanzados por el educando en el proceso enseñanza-aprendizaje, relativos a los objetivos educacionales de un determinado programa curricular, inscrito, a su vez, en el plan curricular de un nivel o modalidad educativos o, en el caso de la universidad, de una Escuela Académico-Profesional o plan de Postgrado. Operacionalmente, se define el Rendimiento Académico como las notas asignadas por el docente al alumno, a lo largo de un período educativo y con arreglo a un conjunto orgánico de normas técnico-pedagógicas, cuyo fundamento reside en doctrinas y conceptos pedagógicos previamente establecidos. Entre estos últimos, juegan un papel central la prescripción de que la evaluación es permanente, esto es, que el docente practica constantemente la evaluación formativa o de proceso, consistente en preguntas al grupo o a determinado alumno, o promueve la intervención espontánea de los educandos y, por otro lado, la evaluación sumativa, a través de pasos escritos u orales, trabajos diversos, exámenes, etc., con la finalidad de tomar una decisión en términos de aprobado o desaprobado.

Otra prescripción importante en este orden de cosas es la necesidad de tener en cuenta en todo momento el principio de las diferencias individuales y, consecuentemente, conferir flexibilidad a la evaluación educacional, en general.

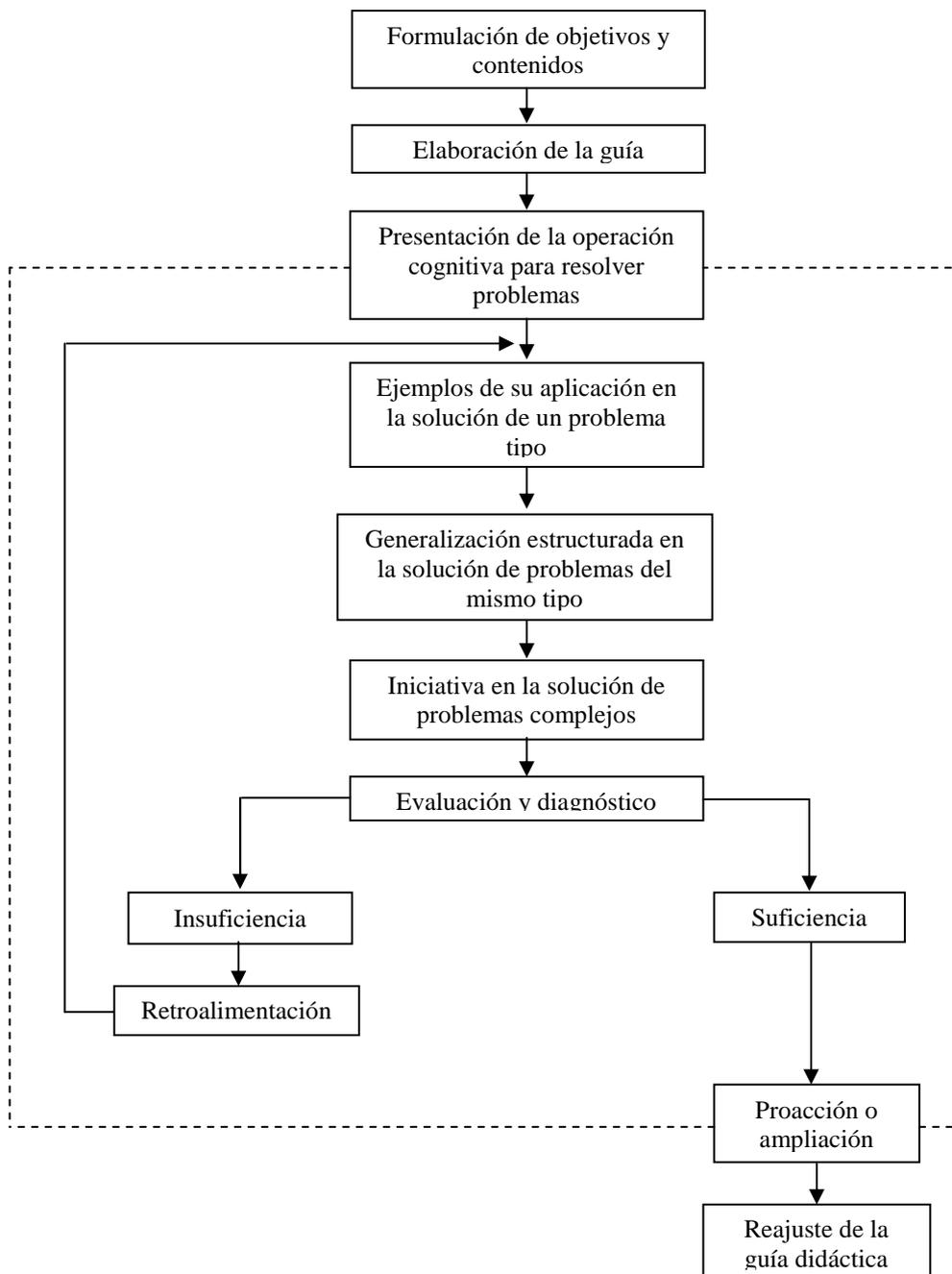
Si se tienen en cuenta los conceptos y normas anteriormente expuestos, es razonable suponer que las notas que asigna el profesor a sus alumnos reflejen con apreciable aproximación los aprendizajes que éstos logran en una asignatura. No consideramos aquí las variables que conciernen al profesor, pero es sostenible suponer su idoneidad para enseñar y para evaluar. Como es tradicional en nuestro medio, las notas se expresan en la escala vigesimal que, obviamente, comprende veinte categorías o notas, de uno a veinte.

En nuestro trabajo de investigación restringiremos el rendimiento académico como cantidad y su significado dependerá del puntaje de preguntas acertadas. Con estos números y las medidas estadísticas se pueden hacer inferencias sobre la eficiencia del uso de

estrategias de descubrimiento guiado en la resolución de problemas de química. No recurrimos a la evaluación, pues un proceso más complejo, por abarcar aspectos de valor y calidad, a los que incorpora datos cuantitativos para elaborar los juicios propios de su función.

2.1.6 Guía de solución de problemas de química utilizando estrategias por descubrimiento

2.1.6.1 Sinopsis de la metodología



2.1.6.2 Objetivos instruccionales.**Objetivo general**

Que los estudiantes puedan alcanzar mayor capacidad en la solución de problemas de química a través del uso de operaciones cognitivas y/o estrategias por descubrimiento guiado.

Objetivo específicos

1. Que el estudiante pueda aplicar los diferentes procesos heurísticos para la representación y establecimiento de relaciones químicas.
2. Que el alumno pueda aplicar las diferentes estrategias heurísticas o técnicas de investigación más frecuentes para la solución de problemas de química.
3. Que el estudiante pueda adoptar las diferentes formas de mecanización de los procedimientos algorítmicos en la solución de problemas de química.
4. Que el discente pueda discriminar la pertinencia del uso de la estrategia por descubrimiento en relación con el contenido del problema propuesto para su solución.
5. Que el alumno pueda arribar a generalizaciones estructuradas de las diferentes operaciones cognitivas en la solución de problemas tipo.
6. Que el estudiante pueda adoptar un cambio de actitud en el estudio de la química, que propicie el descubrimiento de nuevos procesos cognitivos en la solución de problemas de química.

2.1.6.3 Contenidos temáticos

Tópicos de química	1. Materia, energía y cambio	<ul style="list-style-type: none"> • Propiedades de la materia. • Medición de la materia. SI. • Transformaciones físicas. • Transformaciones químicas. • La teoría atómica de Dalton
	2. La teoría atómica	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo atómico de Thomson. • Modelo atómico de Rutherford. • Modelo atómico de Bohr. • Modelo atómico actual. • Números cuánticos. • Configuración electrónica de los elementos.
	3. El sistema periódico	<ul style="list-style-type: none"> • Primeros esquemas de clasificación. • Tabla periódica actual. • Actividad química de los elementos. • Elementos representativos. • Elementos de transición. • Elementos de transmisión interna.
	4. Enlaces químicos	<ul style="list-style-type: none"> • Enlaces entre átomos y moléculas. • Teoría electrónica de enlace. • Enlace covalente. • Enlace metálico. • Fuerzas intermoleculares.
	5. Unidades de masa atómica	<ul style="list-style-type: none"> • Unidades químicas. • Formulación y nomenclatura química. • Funciones químicas inorgánicas.
	6. Reacciones químicas	<ul style="list-style-type: none"> • Reacciones químicas. • Ecuaciones químicas.

2.1.6.4 Sesiones de clase

I. DATOS INFORMATIVOS

- 1.1 Área Curricular : Ciencia, Tecnología y Ambiente
- 1.2 Tema : Tabla periódica de los elementos químicos
- 1.3 Estrategia : Búsqueda de relaciones dentro su propia organización

II. DISEÑO

2.1 Fundamentación

¿Qué se puede hacer para abordar el temido examen del próximo lunes con mayor probabilidad de éxito? Sin duda, la forma más fácil e inmediata, aunque no necesariamente la más eficaz, de estudiar o aprender esa larga lista de nombres, símbolos y números será repasar la lista una y otra vez, oralmente o por escrito hasta memorizarla. Tal vez la lista de símbolos y características de los elementos sea demasiado larga para aprenderla por simple repetición. En ese caso, será necesario recurrir a algún truco o sistema mnemotécnico que permita elaborar el material de aprendizaje, relacionando los elementos entre sí mediante algún sistema externo a la propia tabla, como por ejemplo formando palabras (por Ej. Chalina para H, Li, Na o baconiano para B, C, N, O) o incluso si se encuentran frases con los símbolos químicos lo que sin duda ayudará a recordarlos más fácilmente en el momento del examen. Pero no es fácil encontrar palabras con todos los símbolos, al menos respetando el orden de la tabla o incluso si se encuentran, pueden conducir a errores en el recuerdo (por ejemplo tras recordar baconiano, ¿El símbolo del nitrógeno era N o Ni?). Por eso puede recurrirse a un procedimiento aún más complejo para aprender el Sistema Periódico: buscar las relaciones dentro de la propia tabla, es decir, intentar reconocer los elementos a partir de su propia organización. Así puede verse que todos los elementos de la primera columna tienen una estructura cuya serie acaba con un 1. Si sabemos lo que esto significa que tienen un único electrón en su última capa, nos ayudará sin duda a recordarlos mejor. De hecho, la distribución de los elementos en la tabla no es aleatoria, sino que responde a la organización interna del Sistema Periódico.

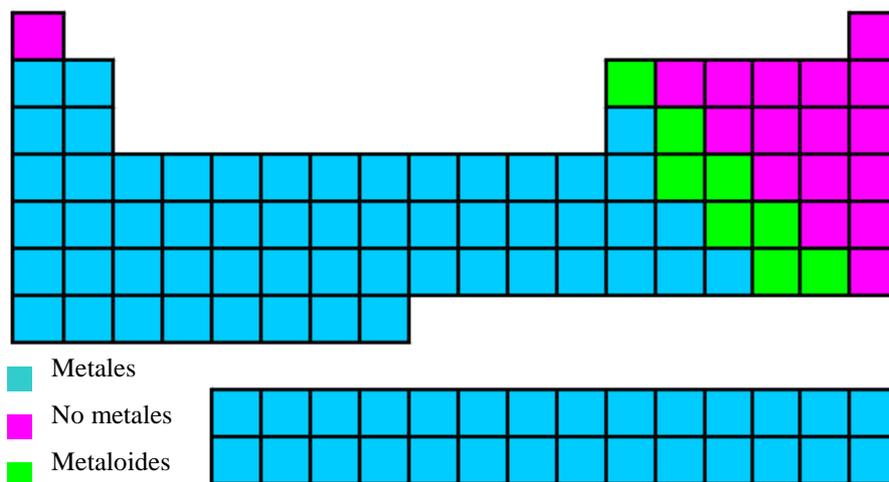
Organizar estos elementos, o esforzarse por hallar su propia organización, puede ser una forma muy eficaz de aprenderlos, si lo conseguimos, tendremos un componente a favor para la comprensión de la química.

2.2 Objetivos de aprendizaje

- 1) Esta estrategia de aprendizaje es más adecuada pues permite que el estudiante al repasar, elaborar y organizar en función de las relaciones que guardan los elementos químicos no solo alcanza una mayor retención y almacenamiento sino que utiliza con mayor eficacia la información.
- 2) Favorecer la interacción entre los materiales de aprendizaje y los procesos cognitivos por descubrimiento por parte del sujeto, paralelamente, con la orientación del profesor en la fomentación de dichos procesos. Ambas acciones no sólo son compatibles, sino que probablemente se requieren mutuamente.

2.3 Procedimiento

- 1) Distribución esquemática de la tabla periódica (forma larga) usando subtablas de dimensiones: 3×18 ; 2×2 ; 1×1 ; 2×6 ; 1×1 ; 1×8 y 2×14 organizadas de la siguiente manera: la tabla base de 3×18 , luego en la parte superior izquierda adjuntar la tabla de 2×2 y encima de esta la tabla de tamaño 1×1 . A continuación, en el lado superior derecho adjuntar la tabla de 2×6 y superpuesta la tabla 1×1 . Luego en la parte inferior izquierda de la tabla base pegar la tabla 1×8 . Finalmente a continuación, dejando una fila libre, dibujar la tabla 2×14 en la parte inferior derecha.



- 2) Cada clase memorizar un grupo preferentemente del grupo A con sus características más importantes (símbolo, valencia, metal, no metal y familia). Además tomar control del grupo anterior ya aprendido.
- 3) Colorear los elementos de acuerdo a las características como: metales con azul; los no metales con rojo y los semimetales con rosado.
- 4) Después colocar los otros elementos del grupo B los más importantes y memorizar sus principales características.

I. DATOS GENERALES

1.1 Área curricular : Ciencia, Tecnología y Ambiente

1.2 Tema : Configuración electrónica

1.3 Estrategia : Juego didáctico

Uso del material “residencia de electrones”

II. DISEÑO

2.1 Fundamentación

El material de enseñanza denominado “La residencia de los electrones “, presentado por primera vez, es importante porque su uso permitirá a los estudiantes, que se inician en el estudio de la química, alcanzar no sólo un buen nivel de conocimientos de la ubicación exacta de los electrones en sus respectivos espacios dentro de la nube electrónica que abarca los siguientes contenidos: Niveles de energía, subniveles de energía, orbitales, spin de los electrones y

números cuánticos, sino que al manejarlo, el estudiante, descubre las reglas y principios del comportamiento de los electrones.

2.2 Objetivos

Presentar la enseñanza de la nube electrónica a través del instrumento “La residencia de los electrones” estableciendo una asociación fuertemente deductiva entre los elementos de los objetos de la casa y el comportamiento de los electrones.

- a. Desarrollar la capacidad de abstracción y de generalización vía el juego didáctico de deducción que genera la residencia de los electrones.
- b. Descubrir el orden y las reglas que rigen a los electrones cuando construyen individualmente una residencia de papel de acuerdo al modelo a imitar en el cuaderno de práctica.

2.3 Marco Teórico – conceptual

- a. El uso del instrumento transforma la realidad externa, induciendo la conceptualización y generalización de leyes y principios químicos.
- b. El uso de instrumento no está sujeto a un determinado momento si no que se utiliza durante toda la clase.
- c. La utilización del instrumento motiva al conflicto cognitivo en la comprensión de los conceptos. Está presente dos cualidades básicas que los estudiantes pueden encontrar en las cosas: orden y armonía.
- d. El uso de la residencia de los electrones está enmarcada en el tercer estadio de la actitud de los niños: Estadio de cooperación donde el niño está en el umbral del juego en cooperación. Sucede a partir de los diez y once años, progresivamente, es decir, en el sexto de primaria y primero de secundaria.

2.4 Desarrollo.

Material

Cada residencia debe tener: siete pisos, en el primero una habitación, en el segundo dos habitaciones, en el tercero tres, en el cuarto cuatro, en el quinto cuatro, el sexto tres y el séptimo dos habitaciones.

En total, 19 habitaciones de diferentes dimensiones. 59 camas. Cada habitación tiene una puerta de doble hoja. Por cada cama van dos muñecos en total.

Organización

Se presenta la residencia de los electrones con una leyenda que indica la respectiva representación de su contenido, así: el muñeco representa a un electrón, la cama representa a un orbital, la habitación representa a un subnivel y un piso representa al nivel de energía de la nube electrónica de un átomo. En cada cama hay un par de muñecos que están sentados en sentido contrario.

Procedimiento.

- 1) Una vez que ha observado la leyenda, los alumnos deben responder las preguntas que el profesor les formulará, como: ¿Cuántos niveles hay?, ¿cuántos subniveles hay?, ¿cuántos orbitales hay? y ¿cuántos electrones hay por cada orbital?
- 2) Para el segundo nivel de preguntas: ¿A qué se denominan niveles de energía?, ¿Qué son subniveles de energía?, ¿Qué son orbitales?, ¿A qué se denomina spin de los electrones?, etc.
- 3) A continuación reproducen este material pedagógico en el cuaderno usando varias hojas.
- 4) Finalmente, este material sirve para la aplicación de las reglas de configuración electrónica, como la regla de Rydberg y la regla del Serrucho.

2.5 Materiales

Una plancha de triplay.

2 listones de madera x 2 metros.

Setenta y seis armellas pequeñas

Pegamento (silicona)

Cuatro garruchas

½ kilo de clavos de media pulgada.

Pintura

118 muñecos pequeños de plástico.

I. DATOS INFORMATIVOS

- 1.1 Área Curricular : Ciencia, Tecnología y Ambiente
- 1.2 Tema : Densidad y densidad relativa
- 1.3 Estrategia heurística : Ensayo y error

II. DISEÑO

2.1 Problema: El jefe de laboratorio de química del Colegio Unión ha comprado bolsas de granallas de zinc y de cobre de 20 cm^3 y 10 cm^3 respectivamente para formar una aleación. Ha comprado 5 bolsas cuya masa total es de 498 g ¿Cuántas bolsas de cada sólido ha comprado? (La densidad del zinc es de 7.1 g/cm^3 y del cobre 8.9 g/cm^3 a temperatura ambiente)

2.2 Razonamiento

- 2.2.1** Probar algunas respuestas y ver que algunas son posibles y otras no. Ejemplos de número de bolsas de granalla que se habrían comprado: 4 de Zn y 1 de Cu; 3 de Zn y 2 de Cu; etc. No ejemplos: 5 de Zn y 3 de Cu, pues suman 8.
- 2.2.2** Deducción: Conjunto de pares de número de bolsas cuya masa total suman 498g.
- 2.2.3** Lista de todas las respuestas del conjunto de respuestas aceptables:

	d	V	m	pares					
Zn:	7.1	20	142	5	4	3	2	1	0
Cu:	8.9	10	89	0	1	2	3	4	5

2.2.4 Tanteo:

$$5 \times 142\text{g} + 0 \times 89\text{g} = 710\text{g, no}$$

$$4 \times 142\text{g} + 1 \times 89\text{g} = 657\text{g, no}$$

$$1 \times 142\text{g} + 4 \times 89\text{g} = 498\text{g, si}$$

2.2.5 Respuesta:

Una bolsa de zinc y cuatro bolsas de cobre.

2.3 Problemas

- 2.3.1** Un farmacéutico ha comprado cojines de alcohol etílico y de aceite de semilla de algodón de 50 mL y 100 mL respectivamente. Ha comprado 6 cojines cuya masa total es de 440 g ¿Cuántos cojines de cada líquido ha comprado? (La densidad del alcohol etílico es de 0.8 g/mL y del aceite de semilla de algodón de 0.9 g/mL a temperatura ambiente).
- 2.3.2** La persona responsable de la compra de productos químicos de la Universidad Peruana Unión ha comprado bolsas de granallas de estaño y de cobre de 50 cm³ y de 10 cm³ respectivamente para formar una aleación. Ha comprado 6 bolsas cuya masa total es de 806 g ¿Cuántas bolsas de cada sólido ha comprado? (La densidad del Sn es de 7.3 g/cm³ y del cobre 8.9 g/cm³).
- 2.3.3** La profesora de química del Colegio Unión ha comprado balones de aire seco y de oxígeno de 40L y 50L respectivamente. Ha comprado 7 balones cuya masa total es de 400g ¿Cuántos balones de cada gas ha comprado? (La densidad del aire seco es de 1.29 g/L y del oxígeno 1.42 g/L)

I. DATOS INFORMATIVOS

1.1 Área Curricular : Ciencia, Tecnología y Ambiente

1.2 Tema : Unidades de masa atómica

1.3 Estrategia heurística : Ensayo y error

II. DISEÑO

Problema: ¿Cuál es la fórmula molecular del compuesto que combina C y H si se sabe que su masa molar aproximada es de 26g y se han usado 4 moles de átomos?

2.1 Razonamiento

2.1.1 Probar algunas respuestas y ver que algunas son posibles y otras no. Ejemplos de átomos que se habrían combinado: 4 de C y 0 de H; 3 de C y 1 de H; etc. No ejemplos: 4 de C y 2 de H, pues suman 6.

2.1.2 Deducción: Conjunto de pares de átomos que suman 4.

2.1.3 Lista de todas las respuestas del conjunto de respuestas aceptables:

C: 4 3 2 1 0

H: 0 1 2 3 4

2.1.4 Tanteo:

$$4 \times 12\text{g} + 0 \times 1\text{g} = 48\text{g}, \text{ no}$$

$$3 \times 12\text{g} + 1 \times 1\text{g} = 37\text{g}, \text{ no}$$

$$2 \times 12\text{g} + 2 \times 1\text{g} = 26\text{g}, \text{ si}$$

2.1.5 Respuesta:

C_2H_2 (acetileno)

2.2 Problemas

1. ¿Cuál es la fórmula molecular del compuesto que combina S y O si se sabe que su masa molar aproximada es de 64g y se han usado 3 moles de átomos?
2. ¿Cuál es la fórmula molecular del compuesto que combina C y H si se sabe que su masa molar aproximada es de 16g y se han usado 5 moles de átomos?

3. ¿Cuál es la fórmula molecular del compuesto que combina H y O si se sabe que su masa molar aproximada es de 18g y se han usado 3 moles de átomos?
4. ¿Cuál es la fórmula molecular del compuesto que combina H y O si se sabe que su masa molar aproximada es de 34g y se han usado 4 moles de átomos?
5. ¿Cuál es la fórmula molecular del compuesto que combina C y H si se sabe que su masa molar aproximada es de 78g y se han usado 12 moles de átomos?
6. ¿Cuál es la fórmula molecular del compuesto que combina P y Cl si se sabe que su masa molar aproximada es de 208g y se han usado 6 moles de átomos?

I. DATOS INFORMATIVOS

- 1.1 Área Curricular : Ciencia, Tecnología y Ambiente
- 1.2 Tema : Sustancias puras y mezclas
- 1.3 Estrategia heurística : Fraccionamiento

II. DISEÑO

Problema: Un químico necesita mezclar 20 litros de una solución de ácido al 40% con una solución al 70%, para una mezcla que sea 50% de ácido ¿Cuántos litros de la solución al 70% debe usar?

Razonamiento

División del problema en partes suficientemente pequeñas con su representación algebraica.

Con frecuencia, se utilizan porcentajes en problemas que tratan con concentraciones o con tasas porcentuales. En general, multiplicamos la tasa porcentual por la cantidad total de solución para obtener la cantidad de sustancia pura.

Sea x = el número de litros de la solución al 70% que se debe usar.

Litros de ácido puro en x litros de la solución al 70% = $0.70x$.

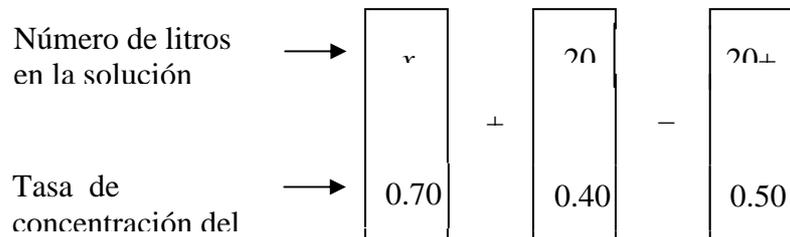
Litros de ácido puro en la solución al 40% = $0.40(20)=8$.

La nueva mezcla contendrá $20 + x$ litros de solución al 50%.

Litros de ácido puro de la nueva solución al 50% = $0.50(20 + x)$.

Representación en un diagrama de caja.

Podemos resumir la información en el siguiente diagrama de cajas



Solución.

El número de litros de ácido puro en la solución al 70% añadiendo al número de litros de ácido puro en la solución al 40% será igual al número de litros de ácido puro en la mezcla final, de modo que la ecuación es:

Ácido puro en 40%	más	Ácido puro en 70%	es	Ácido puro en 50%
↓	↓	↓	↓	↓
(0.40) (20)	+	0.70 x	=	(0.50) (20 + x)

Multiplicamos por 100 para eliminar decimales

$$40(20) + 70x = 50(20 + x)$$

$$800 + 70x = 1000 + 50x \quad \text{propiedad distributiva}$$

$$800 + 20x = 1000 \quad \text{resta } 50x$$

$$20x = 200 \quad \text{resta } 800$$

$$x = 10 \quad \text{divide entre } 20$$

Verifique la solución para comprobar que el químico necesita 10 litros de la solución al 70%.

Problemas

1. ¿Cuántos galones de anticongelante al 50% deben mezclarse con 80 galones de anticongelante al 20%, para obtener una mezcla de anticongelante al 40%?
2. ¿Cuántos litros de solución de ácido al 25% deben añadirse a 80 litros de solución al 40%, para obtener una solución que tenga 30% de ácido?
3. ¿Cuántos galones de leche con 2% de grasa deben mezclarse con leche que tiene 3.5% de grasa, para obtener 10 galones de leche que tenga 3% de grasa? (Sugerencia: representa con x al número de galones que tienen 2% de grasa. Por consiguiente, $10 - x$ representa el número de galones que tiene 3.5% de grasa)
4. Un farmacéutico tiene 20 litros de una solución de medicamento al 10%. ¿Cuántos litros de solución al 5% debe añadirse para obtener una mezcla que tenga 8%?

5. ¿Cuántos litros de una solución ácida al 60% deben mezclarse con una solución ácida al 75%, para obtener 20 litros de una solución al 72%?
6. ¿Cuántos galones de una solución indicadora al 12% debe mezclarse con una solución indicadora al 20%, para obtener 10 galones de una solución al 14%?
7. El minoxidil es un fármaco que ha probado ser eficaz recientemente en el tratamiento de la calvicie masculina. Una farmacéutica desea mezclar una solución que sea de 2% de minoxidil. Tiene a la mano 50 mililitros de una solución al 1%, y desea agregar una solución al 4% para obtener la solución deseada al 2%. ¿Qué cantidad de solución al 4% debe añadir?
8. Se debe agregar agua a 20 mililitros de una solución al 4% de minoxidil para diluir en una solución al 2%. ¿Cuántos mililitros de agua deben unirse?

I. DATOS INFORMATIVOS

1.1 Área Curricular : Ciencia, Tecnología y Ambiente

1.2 Tema : Problemas de mezclas utilizando dos variables

1.3 Estrategia : Fraccionamiento

II. DISEÑO

Métodos de solución de sistemas de ecuaciones

Resolución de sistemas lineales con dos variables por medio de eliminación

Paso 1: Escriba ambas ecuaciones en la forma $Ax + By = C$.

Paso 2: Multiplique una o ambas ecuaciones por número adecuados de modo que la suma de los coeficientes de x o de y sea en 0.

Paso 3: Sume las nuevas ecuaciones. La suma debe ser una ecuación con una sola variable.

Paso 4: Resuelva la ecuación del paso 3.

Paso 5: Sustituya el resultado del paso 4 en cualquiera de las ecuaciones dadas y resuelva para la otra variable.

Paso 6: Verifique la solución en ambas ecuaciones dadas.

Resolución de sistemas lineales con dos

Paso 1: En una de las ecuaciones despeje para una de las variables (si una de las variables tiene coeficiente 1 ó -1, selecciónela ya que de esta manera el método de sustitución, por lo general será más fácil.)

Paso 2: Sustituya esa variable en la otra ecuación. El resultado debe ser una ecuación con una sola variable.

Paso 3: Resuelva la ecuación del paso 2.

Paso 4: Sustituya el resultado del paso 3 en la ecuación del paso 1 para encontrar el valor de la otra variable.

Paso 5: Verifique la solución en ambas ecuaciones.

Obs.: Muchos de los problemas de mezclas también pueden resolver utilizando dos variables.

Problema.

Una farmacéutica necesita 100 litros de solución de alcohol al 50%, tiene a la mano soluciones de alcohol al 30% y al 80% que puede mezclar. ¿Cuántos litros de cada una se requerirán para hacer los 100 de la solución al 50%?

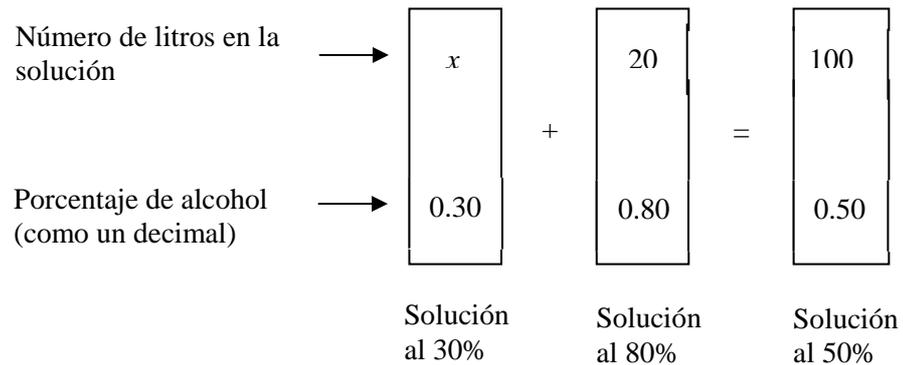
Razonamiento

2.3.1 Representación de la información

Sea x = el número necesario de litros de alcohol al 30%.

y = el número de litros de alcohol al 80%

Resumen de la información por medio de un diagrama de cajas.



2.3.2 Solución

Escribimos las dos ecuaciones: Como el número total de litros en la mezcla final debe ser 100, la primera ecuación es

$$x + y = 100$$

La cantidad de alcohol puro en la solución al 30% sumada a la cantidad de alcohol puro en la solución al 80% será igual a la cantidad de alcohol puro en la solución al 50% final. Esto de la segunda ecuación.

$$0.30x + 0.80y = 0.50(100)$$

El sistema de ecuaciones es:

$$x + y = 100 \dots\dots\dots (1)$$

$$0.30x + 0.80y = 0.50(100) \dots\dots\dots (2)$$

Aplicando el método de sustitución. De (1) despejamos x , $x = 100 - y$. Luego sustituimos $100 - y$ en lugar de x en (2), para obtener:

$$0.30(100 - y) + 0.80y = 50$$

$$30 - 0.30y + 0.80y = 50 \text{ propiedad distributiva}$$

$$0.50y = 20 \text{ reducción de los términos semejantes; reste 30}$$

$$y = 40 \text{ divide entre 0.50}$$

$$\text{Entonces } x = 100 - y = 100 - 40 = 60.$$

La farmacéutica debe utilizar 60 litros de la solución al 30% y 40 litros de la solución al 80%.

Como $60 + 40 = 100$ y $0.30(60) + 0.80(40) = 50$, esta mezcla dará los 100 litros de solución al 50%, como se exige en el problema original.

Problemas

1. ¿Cuántos galones deben mezclarse para obtener 20 galones con 32% de alcohol, si uno tiene 25% y otro tiene 33% de alcohol?
2. ¿Cuántos litros deben mezclarse para obtener 40 litros de una solución ácida al 21% si uno contiene 15% y otro contiene 33% de ácido?
3. Se añadirá ácido puro a una solución con 10% de ácido, para obtener 27 litros de una solución con 20% de ácido. ¿Qué cantidad de cada uno debe utilizarse?
4. El radiador de un camión tiene capacidad de 18 litros de fluido. ¿Cuánto anticongelante puro debe agregarse a una mezcla que tiene 4% de anticongelante a fin de llenar el radiador con una mezcla que contenga 20% de anticongelante?

Ejemplo 2

DISEÑO

Problema: La diferencia en el número de neutrones de dos isótopos de un elemento es 2 y la suma de los números de masa es 72. ¿Cuántos neutrones tiene el isótopo más pesado, si el átomo neutro de dicho elemento contiene 17 electrones?

Razonamiento

2.2.1 División del problema

(1) Sean los isótopos ${}_z X^{A_1}$ y ${}_z X^{A_2}$

$$\text{donde } \# n_1 = A_1 - z$$

$$\# n_2 = A_2 - z$$

$$(2) \text{ Donde } \# n_1 - \# n_2 = A_1 - A_2 = 2$$

$$(3) A_1 - A_2 = 72$$

2.2.2 Formación del sistema de ecuaciones

De (2) y (3) se forma el sistema de ecuaciones

$$A_1 - A_2 = 2 \dots\dots\dots (i)$$

$$A_1 + A_2 = 72 \dots\dots\dots (ii)$$

2.2.3 Solución

Usando el método de eliminación. Al sumar (i) y (ii) resulta:

$$2 A_1 = 74$$

$$A_1 = 37$$

$$\text{De (i), } A_2 = A_1 - 2 = 37 - 2 = 35$$

Cálculo de z: en todo átomo neutro el número de protones es igual al número de electrones, en este caso se cumple.

$$z = \#p = \#e = 17$$

Luego el isótopo más pesado es ${}_{17}X^{37}$, donde

$$\# n_1 = A_1 - z = 37 - 17 = 20$$

I. DATOS INFORMATIVOS

1.1 Área Curricular : Ciencia, Tecnología y Ambiente

1.2 Tema : Reacciones nucleares

1.3 Estrategia : Fraccionamiento

II. DISEÑO

2.1 Nomenclatura de las reacciones nucleares

Ecuación nuclear

En primer lugar una reacción nuclear implica cambio en el núcleo atómico, originando elementos diferentes con desprendimiento de energía.

Luego una ecuación nuclear, es la representación esquemática de una reacción nuclear.

En forma general se representa así:



Donde A = Núcleo de bombardeo

X = Partícula de bombardeo

B = Núcleo resultante

Y = Partícula emitida

E = Energía liberada

Balance de una ecuación nuclear

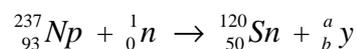
Para que una ecuación nuclear esté balanceada, se deben cumplir las siguientes condiciones:

- (1) La suma de los números de masa de los reactivos debe ser igual a la suma de los números de masa de los productos materiales.
- (2) La suma de las cargas o números atómicos en la parte de los reactivos y productos, deben ser iguales.

2.2 Problema: En una reacción nuclear de fisión un átomo de núcleo ${}_{93}^{237}\text{Np}$ es roto, por bombardeo con un neutrón en dos átomos: uno de núcleo ${}_{50}^{120}\text{Sn}$ y otro cuyas características se desconocen. ¿Cuál será el número atómico de ese elemento desconocido? Ubícalo en la tabla periódica.

2.3 Razonamiento

2.3.1 Ecuación nuclear



2.3.2 Sistema de ecuaciones

Para que esté balanceada la ecuación nuclear debe cumplirse:

$$\begin{cases} 237+1=120+a \\ 93+0=50+b \end{cases}$$

Este sistema, por transposición de términos, es equivalente

$$120 + 0 = 238 \dots\dots\dots (1)$$

$$50 + b = 93 \dots\dots\dots (2)$$

2.3.3 Solución

De (1) $a=238-120$

$$a=110$$

De (2) $b=93-50$

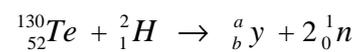
$$b=43$$

Luego la partícula es ${}_{43}^{118}\text{y}$, es decir una partícula de tecnecio

Problema: El isótopo ${}_{52}^{130}\text{Te}$ al ser bombardeado con deuterón, origina un nuevo elemento y libera dos neutrones para cada átomo de telurio. ¿Cuántos neutrones tiene el nuevo núcleo?

Razonamiento

2.4.1 Ecuación nuclear



2.4.2 Sistema de ecuaciones

En la ecuación debe cumplirse:

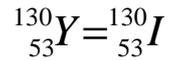
$$130 + 2 = a + 2$$

$$52 + 1 = b + 0$$

De donde:

$$a = 132 - 2 = 130$$

$$b = 53 + 0 = 53$$



Luego el $n^\circ = A - Z$

$$n^\circ = 130 - 53$$

$$n^\circ = 77$$

Problemas

1. En una reacción nuclear de fisión de un átomo de núcleo ${}_{13}^{27}\text{Al}$ es roto, por bombardeo con un deuterón, en dos átomos: uno de núcleo ${}_{2}^4\text{He}$ y otro cuyas características se desconocen ¿Cuál será el número atómico de ese elemento desconocido? Ubícalo en la tabla periódica.
2. En una reacción nuclear de fisión de un átomo de núcleo ${}_{1}^3\text{H}$ es roto, por bombardeo con un deuterón, en dos átomos: un neutrón y otro cuyas características se desconocen ¿Cuál será el número atómico de ese elemento desconocido? Ubícalo en la tabla periódica.
3. En una reacción nuclear de fisión de un átomo de núcleo ${}_{15}^{55}\text{Mn}$ es roto, por bombardeo con un deuterón, en dos átomos: dos neutrones y otro cuyas características se desconocen ¿Cuál será el número atómico de ese elemento desconocido? Ubícalo en la tabla periódica.

I. DATOS INFORMATIVOS

- 1.1 Área Curricular : Ciencia, Tecnología y Ambiente
 1.2 Tema : Unidades de medida
 1.3 Estrategia : Fraccionamiento

II. DISEÑO

2.1 Conceptos matemáticos

Razón, proporción y variación

Uno de los conceptos matemáticos aplicados con mayor frecuencia en la química es el de razón. Una razón es un cociente de dos cantidades, la razón del número a al número b se escribe como sigue:

Razón: a a b , $\frac{a}{b}$ ó $a : b$

Cuando las razones se utilizan para comparar unidades de medida, las unidades deben ser las mismas.

Ejemplo. La razón de 5 cm³ a 3 L.

Primero convertimos 3L en cm³: 3L = 3 (1000 cm³) = 3000 cm³. Por lo tanto, la razón

de 5 cm³ a 3L es $\frac{5}{3000} = \frac{1}{600}$

Proporción

La proporción es una formulación que expresa que dos razones son iguales.

Variación directa

Se dice que y varía directamente con x , o y es directamente proporcional a x , si existe una constante k diferente de cero, tal que $y = k x$

o, de manera equivalente, $\frac{y}{x} = k$, $k =$ constante de variación o proporcionalidad.

También, y varía directamente con la n -ésima potencia de x , si existe una constante k diferente de cero, tal que $y = k x^n$

Variación inversa

Se dice que y varía inversamente de x si existe un número real k tal que

$$y = \frac{k}{x}$$

o de manera equivalente $x y = k$

También, y varía inversamente con la potencia n -ésima de x si existe un número real k tal que

$$y = \frac{k}{x^n}$$

2.2 Problema: Una sierra de cadena exige una mezcla de aceite para maquinas de 2 ciclos y gasolina. De acuerdo con las instrucciones en una botella de aceite para máquinas de 2 ciclos de la marca Oregon, para una proporción requerida de 50 a 1, se necesitan 2.5 onzas de aceite por cada galón de gasolina. Si el tanque de la sierra de cadena tiene una capacidad 2.75 galones, ¿Cuántas onzas de aceite se necesitan?

2.3 Razonamiento

2.3.1 Representación de la proporción

Sea x la representación del número de onzas de aceite que se necesitan para llenar el tanque.

Podemos establecer la proporción siguiente:

$$\frac{\text{Nro. de onzas de aceite en la proporción 50 a 1}}{\text{Total de onzas de aceite que se necesitan}} = \frac{\text{Nro. de galones de gasolina en la proporción 50 a 1}}{\text{Nro. Total de galones de gasolina del tanque}}$$

$$\frac{2.5 \text{ onz}}{x} = \frac{1 \text{ gal. gas}}{2.75 \text{ gal. de gas}}$$

2.3.2 Solución

Resolviendo la proporción.

$$x = (2.5) (2.75) = 6.875 \text{ onzas de aceite}$$

I. DATOS INFORMATIVOS

1.1 Área Curricular : Ciencia, Tecnología y Ambiente

1.2 Tema : Leyes Combinadas de los gases

1.3 Estrategia : Análisis Medios-Fines o Aproximación

II. DISEÑO

Problema: Se han recogido 2 litros de gas nitrógeno a 25° C y 710 mm Hg ¿Cuál será el volumen en condiciones normales

Datos

en condiciones normales:

$$V_1=2L \text{ de N}$$

$$P_2=760 \text{ mm Hg (1 atm)}$$

$$T_1=25^\circ\text{C}+273=298\text{K}$$

$$T_2=0^\circ\text{C}+273=273\text{K}$$

Diseño

Se identifican la incógnita y se busca la fórmula para dar solución al problema (ley universal de los gases), como no se tiene el valor “n”, se selecciona su correspondiente operador y luego con los datos conocidos se reemplaza en la fórmula.

Incógnita : V_2

Fórmula : $V_2 = \frac{n \cdot R \cdot T_2}{P_2}$

Subproblema : $n = \frac{P_1 \cdot V_1}{R \cdot T_1}$

Elaboración

Se calcula el valor “n” y luego V_2

$$n = \frac{P_1 \cdot V_1}{R \cdot T_1}$$

$$n = \frac{710\text{mm} \cdot \text{Hg} \times 2L}{\frac{62.4\text{mm} \cdot \text{Hg} \times L}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 298\text{K}}$$

$$n = \frac{710 \times 2}{62.4 \times 298} \text{mol} = \frac{1420}{18595.2} \text{mol} = 0.076363792 \text{mol}$$

$$n = 0.076 \text{mol}$$

Luego

$$V_2 = \frac{0.076 \text{ mol} \cdot \frac{62.4 \text{ mm} \cdot \text{Hg} \times L}{\text{mol} \times K} \times 273 \text{ K}}{760 \text{ mm} \cdot \text{Hg}}$$

$$V_2 = \frac{0.076 \times 62.4 \times 273}{760} L$$

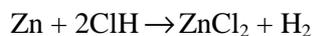
$$V_2 = \frac{1294.6752}{760} L$$

$$V_2 = 1.70352 L$$

$$V_2 = 1.70 L$$

Problemas

1. ¿Qué volumen de oxígeno medido a 27°C y 900 Torr se necesita para combustión completa de 30 litros de butano (C₄H₁₀) la misma que halla a 27°C y 8.2 atmósferas de presión?
2. ¿Qué peso de zinc será necesario para obtener un volumen de 2900 mL de H₂ recogidos en agua a 1 atm de presión y 17°C de temperatura, sabiendo que la presión de saturación del vapor de agua a 17°C es 14.5 Torr y el porcentaje de saturación del vapor de agua es 90%. La reacción correspondiente es la siguiente:



3. (Si en un problema de este tipo no se menciona el porcentaje de saturación del vapor de agua, entonces considere 100%).

I. DATOS INFORMATIVOS

1.1 Área Curricular : Ciencia, Tecnología y Ambiente

1.2 Tema : Distribución electrónica

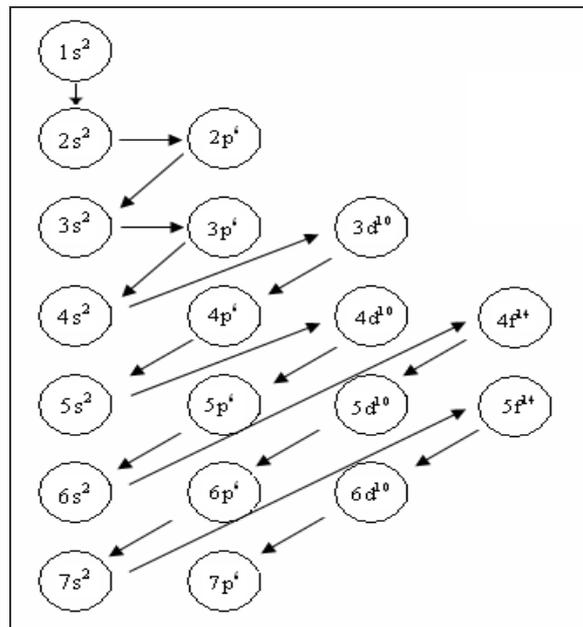
1.3 Estrategia : Generalización/Especificación

II. DISEÑO

Identificación del modelo o categoría más general

Se considera el problema como un caso particular y concreto de un problema más general y abstracto para que se tiene algún esquema.

Esquema General: Diagrama de Moeller



Esta regla es un recurso para distribuir los electrones en niveles y subniveles con mayor rapidez, siguiendo el sentido de las flechas. Para ello, los electrones llenan primero los subniveles de menor energía.

El problema como caso particular

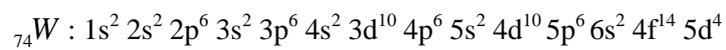
El determinar el número de electrones en cada nivel de energía del átomo del tungsteno.

Solución

Por tanto el llenado es el siguiente:

$1s^2$		2	
$2s^2$	p^4	8	
$3s^2$	p^4	18	d^{10}
$4s^2$	p^4	32	d^{10}
$5s^2$	p^4	12	d^4
$6s^2$		2	

Luego la configuración es:



Problemas

1. Determinar la configuración electrónica del átomo del calcio.
2. Determinar la configuración electrónica del átomo del cloro.
3. Determinar la configuración electrónica del átomo del estroncio.

I. DATOS INFORMATIVOS

1.1 Área Curricular : Ciencia, Tecnología y Ambiente

1.2 Tema : Factores de conversión en unidades

II. DISEÑO

2.1 Presentación del algoritmo

Factores de conversión en unidades. Se establecerá un proceso algorítmico basado en el “método del factor unitario para resolver problemas”.

Pasos del algoritmo:

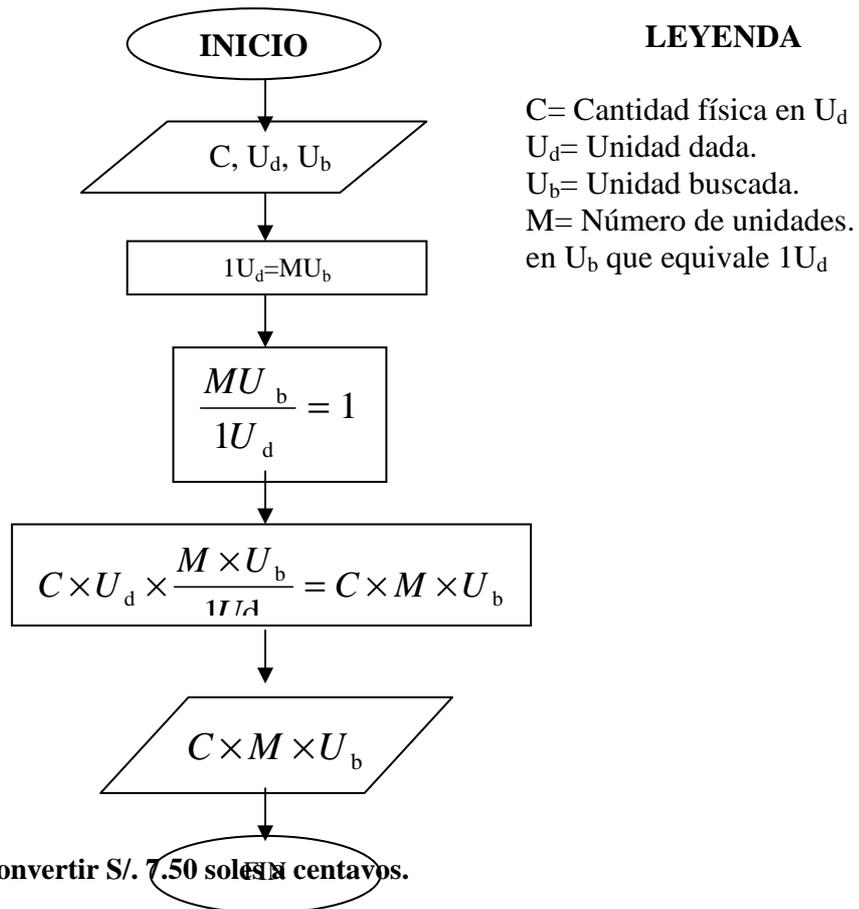
Paso 1. Expresar la cantidad en la unidad dada a la nueva unidad que se solicita.

Paso 2. Establecer la equivalencia entre las unidades consideradas.

Paso 3. Elegir el factor unitario conveniente.

Paso 4. Establecer la conversión.

2.2 Esquema (diagrama de flujo)



2.3 Problema: Convertir S/. 7.50 soles en centavos.

2.4 Procedimiento

P1. S/. 7.50 \rightarrow ? centavos

P2. 1 sol = 100 centavos

$$\mathbf{P3.} \frac{1sol}{100centavos} = 1$$

$$\text{ó } \frac{100centavos}{1sol} = 1$$

$$\mathbf{P4.} 7.50soles \times \frac{100centavos}{1sol} = 750centavos$$

2.5 Problema: La densidad del oro es de 19.3 g/cm^3 . Conviértase este valor a unidades de Kg/m^3

2.6 Procedimiento

P1. $19.3 \text{ g/cm}^3 \rightarrow ? \text{ Kg/m}^3$

$$g \rightarrow \text{Kg}$$

$$\text{cm}^3 \rightarrow \text{m}^3$$

P2. 1 Kg = 1000 g y $1 \text{ m}^3 = 1000000 \text{ cm}^3$

$$\mathbf{P3.} \frac{1\text{Kg}}{1000g} = 1 \text{ y } \frac{1\text{m}^3}{1000000\text{cm}^3} = 1$$

$$\frac{1000g}{1\text{Kg}} = 1 \text{ y } \frac{1000000\text{cm}^3}{1\text{m}^3} = 1$$

$$\mathbf{P4.} 19.3 \frac{g}{\text{cm}^3} = 19.3 \frac{g}{\text{cm}^3} \times \frac{1\text{Kg}}{1000g} \times \frac{1000000\text{cm}^3}{1\text{m}^3}$$

$$= 19.5 \times \frac{1\text{Kg}}{1000} \times \frac{1000000}{1\text{m}^3}$$

$$= 19300 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

2.7 Problemas

- 1) Convertir 57.8 metros a centímetros.
- 2) ¿Cuántos segundos hay en un mes (30 días)?
- 3) Calcúlese el número de centímetros cúbicos que hay en 6.2 m^3 .
- 4) La densidad del aluminio es de 2.70 g/cm^3 . ¿Cuál es su densidad en Kg/m^3 .
- 5) La densidad del gas amoníaco en ciertas condiciones es de 0.625 g/L . Calcule el valor en g/cm^3 .
- 6) Un corredor destacado corrió 1500 m en 3.00 min, 39.0 s. ¿Cuánto es esta velocidad en metros por segundo.
- 7) Si viajas al límite de velocidad señalado de 55.0 Km/h , ¿Cuánto es esta velocidad en metros por segundo?
- 8) ¿Cuántos días te tomaría contar 200 000 objetos, suponiendo que cuentas un objeto cada segundo, sin interrupción?
- 9) Si gotea agua de un grifo a 1 gota por segundo, ¿cuántos litros podrían recolectarse al cabo de 24.0 h? Supón que 20 gotas hacen 1 mililitro.

I. DATOS INFORMATIVOS

- 1.1 Área Curricular : Ciencia, Tecnología y Ambiente
- 1.2 Tema : Balanceo de ecuaciones químicas
- 1.3 Estrategia : Proceso algorítmico basado en el método algebraico

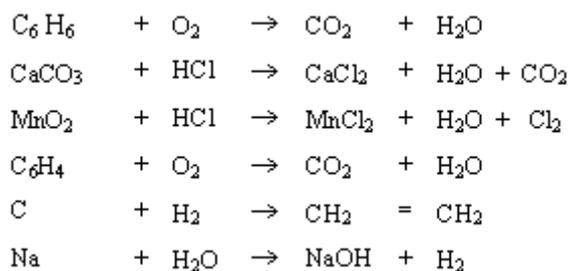
II. DISEÑO

2.1 Presentación del algoritmo

2.1.1 Objetivo: Ajustar una reacción química por el método de coeficientes indeterminados (método algebraico)

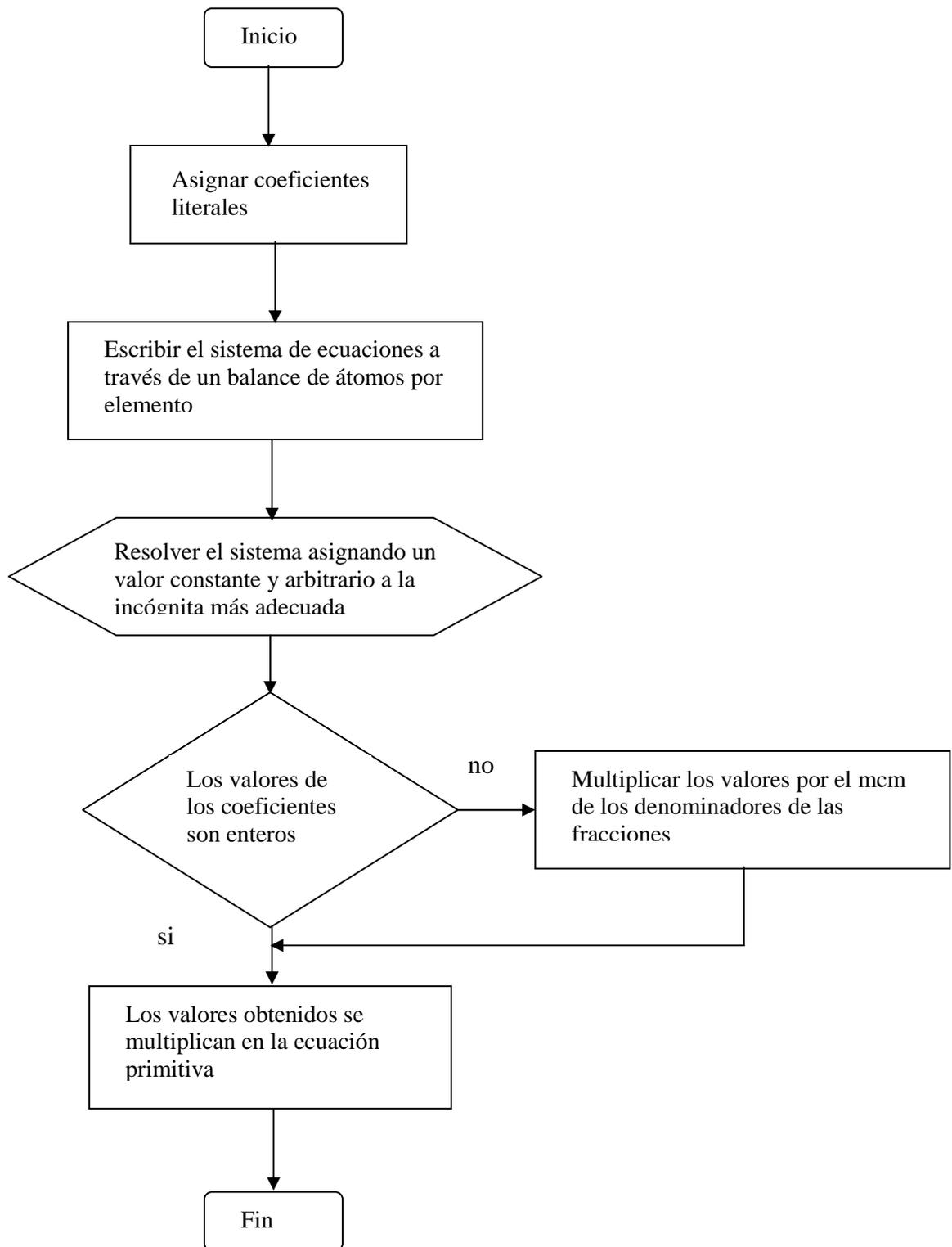
2.1.2 Análisis:

Prototipos:



Puntos Claves	O/D
1. Asignar coeficientes literales (a, b, c,...) a cada una de las sustancias de la ecuación.	O
2. Escribir el sistema de ecuaciones con coeficientes indeterminados mediante un balance de átomos por cada elemento.	O
3. Resolver el sistema asignando un valor constante y arbitrario (usualmente la unidad) a la incógnita más adecuada.	O
4. Identificador de los valores; si son enteros o racionales	D
5. Multiplicar los valores por el mcm de los denominadores de las fracciones, con el propósito de hacerlos enteros.	O
6. Los valores obtenidos en el paso seis se reemplazan en la ecuación primitiva y se tiene balanceada la ecuación.	O

2.1.3 Simbolización



2.1.4 Motivación

En toda reacción química se cumple la ley de la conservación de la masa. Balancear una ecuación química es igualar el número de átomos, iones o moléculas reactantes con los productos. Para ello se utilizan los coeficientes estequiométricos, que son unos números que se colocan delante de las fórmulas y que indican el número de átomos y moléculas de cada sustancia que interviene en una reacción química.

Hay que diferenciar claramente entre el número que se sitúa delante de las fórmulas y los subíndices, números pequeños que se colocan en la parte inferior de los símbolos químicos de las fórmulas. Los primeros indican el número de moléculas que intervienen en una reacción química, y los subíndices señalan el número de átomos que entran a formar parte de una molécula del compuesto. Si modificamos los subíndices, cambia la relación de átomos que forman la molécula, y la nueva fórmula corresponde a otro compuesto diferente.

2.1.5 Presentación

Balancear la siguiente ecuación:



Paso 1. Asignar coeficientes literales a cada una de las sustancias de la ecuación.



Paso 2. Realizar el balance de átomos por cada elemento para conformar el sistema de ecuaciones.

$$Na : a = c + d$$

$$O : a = 3d + e$$

$$H : a = 2e$$

$$Cl : 2b = c + d$$

Paso 3. Resolución del sistema

$$e = 1$$

$$H : a = 2$$

$$O : 2 = 3d + 1$$

$$3d = 1$$

$$d = \frac{1}{3}$$

$$Na : 2 = c + \frac{1}{3}$$

$$c = \frac{5}{3}$$

$$Cl : 2b = \frac{5}{3} + \frac{1}{3}$$

$$2b = \frac{6}{3}$$

$$2b = 2$$

$$b = 1$$

Paso 4. Hay valores racionales

Paso 5. Multiplicamos los valores por el común denominador (3), para hacerlos enteros

$$e=3$$

$$a=6$$

$$d=1$$

$$c=5$$

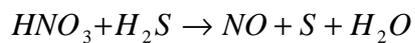
$$b=3$$

Paso 6. La ecuación balanceada es:

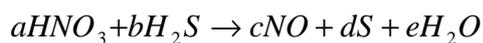


2.1.6 Otras presentaciones

Balancear la ecuación:



Paso 1. Asignar coeficientes literales a cada una de las sustancias de la ecuación.



Paso 2. Realizar un balance de átomos para confirmar el sistema de ecuación.

$$\begin{array}{rclclcl} H & : & a + 2b & = & 2e \\ N & : & a & = & c \\ O & : & 3a & = & c + e \\ S & : & b & = & d \end{array}$$

Paso 3. Resolución del sistema

$$a = 1$$

$$N : c = 1$$

$$O : 3(1) = 1 + e$$

$$e = 2$$

$$H : 1 + 2b = 2(2)$$

$$1 + 2b = 4$$

$$2b = 3$$

$$b = \frac{3}{2}$$

$$S : d = \frac{3}{2}$$

Paso 4. Hay valores racionales

Paso 5. Multiplicamos los valores por el común denominador (2), para hacerlos enteros.

$$a=2$$

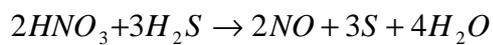
$$c=2$$

$$e=4$$

$$b=3$$

$$d=3$$

Paso 6. La ecuación balanceada es:



Balancea la siguiente ecuación



Paso 1. Asignar coeficientes literales a cada una de las sustancias de la ecuación.



Paso 2. Realizar el balance de átomos por cada elemento para conformar el sistema de ecuaciones.

$$H : a = 2e$$

$$Cl : a = 2c + 2d$$

$$Mn : b = c$$

$$O : 2b = e$$

Paso 3. Resolución del sistema

$$c = 1$$

$$Mn : b = 1$$

$$O : 2(1) = e$$

$$e = 2$$

$$H : a = 2(2)$$

$$a = 4$$

$$Cl : 4 = 2(1) + 2d$$

$$4 = 2 + 2d$$

$$2d = 2$$

$$d = 1$$

Paso 4. Todos son enteros

Paso 5. No hay valores racionales

Paso 6. La ecuación balanceada es:



2.2 Marco conceptual

1. **Actividad significativa.** Se denominará así a aquellos procesos que tienen sentido para el alumno. Es significativa para el alumno porque se asocia espontáneamente con sus propias expectativas y experiencias.
2. **Cognición inactiva.** Es una modalidad cognoscitiva que se produce en el marco de un sistema dinámico y complejo que opera a múltiples niveles del conjunto cerebro, cuerpo y medio ambiente. La percepción del entorno se presenta entonces como un espacio de trabajo en el que se procesa la información por medio del movimiento corporal, siendo entendida como un modo guiado de actuación.
3. **Descubrimiento guiado.** Se denominará así al redescubrimiento que realiza el alumno en los materiales que se le proporcionan con una organización lógica que no es de su propio conocimiento.
4. **Estrategia de aprendizaje.** Se denominará así a las secuencias integradas de procedimientos o actividades que se eligen con el propósito de facilitar la adquisición, almacenamiento y/o utilización de la información.
5. **Metaconocimiento.** Es el conocimiento del sujeto sobre sus propios procesos psicológicos, que le ayudará a utilizarlos de un modo más eficaz y flexible en la

planificación de sus estrategias de aprendizaje.

6. **Pensamiento competente.** Es la identificación con el pensamiento analítico o crítico, el pensamiento sintético o creativo y el pensamiento evaluativo o enjuiciador.
7. **Pensar por sí mismo.** Es el desarrollo de nuestros propios puntos de vista se puede pensar por sí mismo.
8. **Rendimiento académico.** Es el nivel cognitivo alcanzado por el alumno al término de un período académico. Se medirá, en este trabajo, únicamente a través de las pruebas escritas.

CAPÍTULO III

MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Descripción del tipo de investigación

El presente trabajo es una investigación tecnológica educativa experimental, pues intervienen en el registro sistemático de los datos los tres requisitos de un experimento: Los grupos que se contraponen, manipulación de una variable independiente (estímulo) y el control o validez interna de la situación experimental.

3.2 Hipótesis y variables

3.2.1 Hipótesis

La presente investigación se orientará en probar la siguiente hipótesis:

Los alumnos que resuelven problemas de química a través de la aplicación estrategias por descubrimiento guiado alcanzan un mayor rendimiento académico medio que aquellos alumnos que resuelven por estrategias de repetición de la enseñanza tradicional.

3.2.2 Hipótesis específicas

- a. Los alumnos que en el proceso de solución de problemas de química utilizan estrategias de comprensión y formas de representación alcanzan un mayor rendimiento académico medio que aquellos alumnos que utilizan los procedimientos tradicionales.
- b. Los alumnos que en el proceso de solución de problemas de química utilizan estrategias heurísticas de investigación para relacionar datos e incógnitas y solucionarlo alcanzan un mayor rendimiento académico medio que aquellos alumnos que utilizan estrategias tradicionales.
- c. Los alumnos que en el proceso de solución de problemas de química utilizan procesos algorítmicos para solucionarlo alcanzan un mayor rendimiento académico

medio que aquellos alumnos que utilizan procesos memorísticos y mecanizados.

3.2.3 Variables

a. Identificación de variables

Variable independiente: Estrategias de solución de problemas por descubrimiento.

Variable dependiente: Rendimiento académico.

Variables intervinientes: (1) Estilo del docente.
(2) Contenido curricular.

c. Operacionalización ó diseño de las variables

Variable	Definición	Dimensiones o subvariables	Definición	INDICADORES			
				Nombre	Atributo	Unidad	Unidad operativa
Dominio de estrategias de solución, de problemas por descubrimiento.	Habilidad de aplicar, operaciones de proceso y/o de búsqueda con el propósito de encontrar o facilitar la solución de un problema.	Dominios de estrategias algorítmicas.	Habilidad de aplicar operaciones elementales, en un número finito de pasos, con el propósito de encontrar la solución de un problema.	Realización de procesos algorítmicos .	0,1,2,3,4,	Puntos	0.- No aplicó nada. 1.- Aplicó el proceso en sus primeros pasos 2.- Aplico casi todo el proceso 3.- Aplicó se proceso pero se equivocó en algún paso. 4.-Aplicó el proceso correctamente.
		Dominio de estrategias heurísticas	Habilidad para aplicar operaciones no elementales con el propósito de buscar medios que faciliten la solución de un problema	Realización de procesos heurísticos.	0,1,2,3,4	Puntos	0.-No visualizó nada. 1.- Intento de buscar algún medio de solución. 2.- Utilizó un cierto modo de solución pero inadecuado. 3.- Utilizó un cierto medio correcto pero falló alguna operación. 4.- Utilizó un medio correctamente en la solución.
Rendimiento académico	Es el nivel de ejecución de las tareas propuestas alcanzado por el alumno al término de un período.	Valor del rendimiento académico	Cuantificación de los procedimientos realizados en la solución de problemas en una prueba de ensayo.	Medición del rendimiento académico	1,2,3,...20	Puntos	Suma de los puntos alcanzados en la resolución de la prueba
		Calidad del rendimiento académico.	Grado de bondad de los conocimientos de química que tiene el alumno.	Grado de elaboración.	Irrelevantes Rutinarios Relevantes	Cualitativa	Situación Actual (-) sig. Situación inicial.

3.3 Determinación del diseño de investigación

a. Descripción del tipo de investigación a utilizar

El presente trabajo es una investigación tecnológica educativa experimental, pues intervienen en el registro sistemático de los datos los tres requisitos de un experimento: Los grupos que se contraponen, manipulación de una variable independiente (estímulo) y el control o validez interna de la situación experimental.

b. Determinación del diseño de investigación

Esquema:

G1 O_1 X O_2 O_3 O_4

G2 O'_1 - O'_2 O'_3 O'_4

Donde los O_i para $i = 2, 3, 4$ significan las mediciones de las pruebas después del estímulo, tienen el siguiente ordenamiento:

$$O_2 < O_3 < O_4$$

$$O'_2 < O'_3 < O'_4$$

O_1 y O'_1 son los resultados de la prueba de entrada antes del estímulo, en nuestro caso,

$$O_1 = O'_1$$

G1: Grupo experimental (sección A)

G2: Grupo control (sección B)

X: Presencia del estímulo (estrategias de solución de problemas por descubrimiento)

\neg : Ausencia del estímulo

Por demostrar:

$0_i > 0'_i$, para $i = 2, 3$ y 4 .

Así tenemos las hipótesis estadísticas:

$$\mathbf{H}_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$\mathbf{H}_1: \mu_1 > \mu_2$$

3.4 Determinación del estadístico de prueba

Con respecto a la comprobación de las hipótesis haremos las siguientes apreciaciones:

3.2.4 Terminología

En síntesis, se requiere aplicar los siguientes conceptos:

- a) Valor esperado de la varianza muestral.
- b) Varianza global.
- c) Grados de libertad.
- d) Cuadrado medio.
- e) Intervalo de confianza.
- f) Distribución t.
- g) Distribución normal.

3.2.5 Distribuciones normales con varianzas iguales: prueba de la diferencia entre dos medias

Con la terminología dada, justificaremos brevemente el procedimiento de la prueba relativa a la diferencia de dos medias que se usará en la investigación: Los requerimientos que exige la estadística de prueba fueron extraídos de Yamane (1979, pp. 336-351), Daniel (1991, pp. 188-196), Chou (1979, pp. 289-296) y Scheaffer – McClave (19993, pp. 323-330).

Considerados los dos grupos que se contraponen en la investigación: grupo experimental (sección A) y el grupo control (sección B), queremos comprobar si hay una diferencia significativa entre las calificaciones de los exámenes parciales. Para tal efecto, empezaremos hallando las medias poblacionales de ambos grupos. Para comparar las medias poblacionales, se toman muestras aleatorias iguales o diferentes en una pequeña

cantidad, hallamos las medias de las muestras y hacemos inferencia alrededor de las medias poblacionales.

Desde que la distribución de las calificaciones de una prueba de rendimiento académico está relacionada con una distribución normal de tipo teórico que, al funcionar como modelo estándar ideal, servirá de punto de referencia para estimar e interpretar diferentes datos. Hay garantía que las distribuciones de ambos grupos se aproximen a una distribución normal desde que la escala se centrará en la media poblacional. Si hubiera una desviación y no fuese marcada, procederemos a normalizar dichos datos. La mayoría de los investigadores requieren el supuesto de que, al menos, pueda sostener una hipótesis de una población con distribución en forma de montículo.

Cuando se desconocen las desviaciones estándar de las poblaciones y se desea estimar la diferencia entre las medias de dos poblaciones con un intervalo de confianza, debe establecerse una hipótesis adicional de que las varianzas de las poblaciones, aunque desconocidas, son iguales antes de poder utilizar la distribución t. Con esta igualdad de las varianzas de las dos muestras, que se calculan a partir de las dos muestras independientes, como estimaciones de lo mismo, la varianza común. Esta estimación mancomunada se obtiene calculando el promedio ponderado de las varianzas de las dos muestras. La varianza de cada muestra se pondera por sus grados de libertad. Si los tamaños de las muestras son iguales, este promedio ponderado resulta ser la media aritmética de las varianzas de las dos muestras. Si los tamaños de las dos muestras son distintos, el promedio ponderado aprovecha la información adicional proporcionada por la muestra mayor, los cálculos matemáticos se dan en el capítulo cuatro del presente informe.

3.2.6 Procedimiento

Se sigue los siguientes pasos:

Paso 1. Selección de las muestras de ambos grupos.

Paso 2. Planteamiento de las hipótesis estadísticas:

H₁: El rendimiento académico del grupo A es igual que del grupo B

H₂: El rendimiento académico del grupo A es más alto que del grupo B.

Paso 3. Determinación del nivel de significación.

Paso 4. Estadística de prueba: distribución t.

Paso 5. Regla de decisión: señala que se rechaza la hipótesis nula si el valor de la estadística de prueba es uno de los valores de la región de rechazo, y que no se rechace (o acepta) la hipótesis nula si el valor calculado de la estadística de prueba es uno de los valores de la región de aceptación.

Paso 6. Cálculo de la estadística de prueba a partir de los datos de las muestras.

Paso 7. Decisión estadística.

Paso 8. Conclusión

3.5 Delimitación geográfica y temporal

El proyecto educativo de la Iglesia Adventista del Séptimo Día (IASD) fue puesto en marcha en el Perú en 1919 a través de la creación del Instituto Industrial ubicado en el distrito de Miraflores. Luego, el instituto se traslada a la localidad de Ñaña, a 30 minutos de Lima, cambiando su nombre a Colegio Unión siendo la directora la señora Marjorie de Koenig. Tras seis décadas de desarrollo, innovando en el campo educativo y administrativo, el 30 de diciembre de 1983 se crea la Universidad Unión Incaica, que a partir del 3 de noviembre de 1995 por ley Nro. 26542 cambió su denominación a Universidad Peruana Unión. A partir de 1983, el Colegio Unión pasa a ser el Centro de Aplicación de las prácticas preprofesionales de la Facultad de Ciencias Humanas y Educación. Actualmente, el Colegio Unión brinda sus servicios a la comunidad en los niveles educativos de inicial, primaria y secundaria. Para cumplir con las actividades curriculares y cocurriculares se cuenta con una sala de Internet y cómputo, laboratorio de química y biología, biblioteca, auditorio, sala de música, amplios patios, piscina olímpica, lozas deportivas para fútbol y básquetbol, cancha reglamentaria de fútbol y una plana docente altamente calificados en diferentes especialidades que comparten con los padres de familia la responsabilidad del que ama educa. En su misión se resalta el propósito primordial de edificar el carácter de las estudiantes a través del desarrollo armonioso de todas sus facultades tanto físicas, socioemocionales, intelectuales y espirituales.

Los costos de estudios del Colegio Unión corresponden a la categoría D (180 - 250 soles mensuales) en la escala de los colegios particulares de Lima, esto indica la realidad socio-cultural de los padres de familia, donde en su universo están compuestos básicamente por profesionales y pequeños microempresarios.

La parte experimental de la investigación, se llevó a cabo con los alumnos del tercer año de secundaria en el segundo semestre del año 2006.

3.6 El universo y la muestra

3.6.1 Definición de la población

La población objetivo estará conformada por todos los alumnos del tercer año de secundaria del Colegio Unión de Ñaña, distribuidas básicamente según la nómina de matrícula del año anterior y otros criterios que maneja la Dirección Académica, en dos secciones: A y B.. El número total de vacantes para el segundo año de secundaria para este año 2006 fue de 60 alumnos.

Cuadro 1. Distribución de la población objetivo y grupos

SECCIÓN	POB. OBJETIVO*	GRUPO
A	29	Experimental
B	29	Control
Total	58	

*Fuente: Secretaría Académica del Colegio Unión de Ñaña

3.6.2 Conformación de las muestras

Siendo que el tamaño de la población muestreada “n”, será menor que 54 alumnos, resulta que el tamaño de la muestra por sección es pequeña; nos encontramos dentro de la recomendación estadística con $n < 50$. En la selección de cada muestra, se utilizará el muestreo probabilístico simple sin reemplazo, pues no tiene sentido que el puntaje de la prueba de entrada de un alumno aparezca dos veces en la misma muestra. Con el fin de asegurar una verdadera aleatoriedad usamos una tabla de números aleatorios, cuyo punto de partida de cada muestra será también elegido aleatoriamente. Por otro lado, desde el supuesto teórico de que toda distribución de notas posible suponer que las varianzas de ambas secciones son iguales. En este marco muestral, el estadístico para la prueba relativa a la diferencia de dos medias, es la distribución de Student con los grados de libertad, $n_1 + n_2 - 2$.

Cuadro 2. Distribución de los tamaños de la muestra por grupo de estudio según las pruebas

EXAMEN	G.E.	G.C.	GRADO DE LIBERTAD
	n_1	n_2	

Primera prueba parcial por descubrimiento	12	11	21
Segunda prueba parcial por descubrimiento	10	10	18
Tercera prueba parcial por descubrimiento	9	10	17

Elaboración de N.S.Z.

3.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica de recolección de datos fue a través de la aplicación de una prueba de entrada y de tres exámenes estructurados bajo el tercer y cuarto tipo de objetivos del dominio cognoscitivo de **Bloom (1967)** en armonía a las estrategias de aprendizaje por descubrimiento guiado.

En los exámenes se considerarán ítemes que involucren en su solución estrategias de descubrimiento guiado tanto heurísticas como algorítmicas.

Estrategias heurísticas:

- Representación interna
- Representación externa
 - Convencionalismos
 - Gráficas, dibujos y esquemas
 - Representaciones tabulares
 - Ecuaciones
- Estrategias de investigación
 - Ensayo y error
 - Fraccionamiento
 - Aproximación
 - Simplificación
 - Generalización / Especificación

Estrategias algorítmicas:

- Algoritmo determinista
- Algoritmo no determinista

Los contenidos de química inorgánica considerados en la investigación son:

Materia, energía y cambio. Propiedades de la materia, transformaciones físicas, transformaciones químicas, la teoría atómica de Dalton.

La teoría atómica. Modelo atómico de Thomson, modelo atómico de Rutherford, modelo atómico de Bohr, modelo atómico de Bohr, modelo atómico actual, números cuánticos, configuración electrónica de los elementos.

El sistema periódico. Primeros esquemas de clasificación, descripción de la tabla periódica actual, actividad química de los elementos, elementos representativos, elementos de transición, elementos de transición interna.

- **Enlaces químicos.** Enlaces entre átomos y moléculas, teoría electrónica de enlace, enlace covalente, enlace metálico, fuerzas intermoleculares.
- **Unidades de masa atómica.** Unidades químicas, formulación y nomenclatura química, funciones químicas inorgánicas.
- **Reacciones química.** Reacciones químicas y ecuaciones químicas.

Los exámenes bajo el método por descubrimiento contienen básicamente, en concordancia al desarrollo psicobiológico del niño, conductas de aplicación y de análisis en un nivel básico. Se consideró la siguiente lista:

- Capacidad para establecer representaciones visuales de las ideas primordiales de química, como configuración electrónica de los elementos, estructuras moleculares, funciones químicas, etc.
- Capacidad para identificar semejanzas y congruencias entre elementos por grupos.
- Capacidad para analizar la composición de una ecuación química.
- Capacidad para construir compuestos químicos inorgánicos.
- Capacidad para balancear ecuaciones químicas.
- Capacidad de determinar la proporcionalidad de los elementos de una disolución.
- Capacidad de discutir alternativas de solución de problemas.

Prueba de entrada. Siendo que la variable independiente “estrategias de solución de problemas por descubrimiento” es una variable experimental. El nuevo tratamiento se administró a los alumnos del tercer año A del nivel de secundaria del Colegio Unión (grupo experimental) y al tercer año B (grupo control) no estuvo sometida al nuevo tratamiento, esta sección continuó con el procedimiento tradicional de resolución de problemas de química. El propósito de ambos grupos es establecer diferencias claras

entre los estudiantes con diferente experiencia en la solución de problemas, y comparar después las respuestas de ambos grupos. Para probar que los efectos esperados son atribuidos al nuevo tratamiento debemos homogeneizar las condiciones de entrada.

A continuación, presentaremos el cuadro de especificación de la prueba de entrada. Es un cuadro de doble entrada, que recoge los contenidos y los procesos cognitivos para la solución de problemas de química considerados en la elaboración de los ítems de la prueba con el objetivo de medir el rendimiento académico. Los valores de cada celdilla indican el número de preguntas formuladas para cada contenido-proceso.

Cuadro 3. Especificación de la prueba de entrada

Contenido	Procesos									Total
	Convencionalismo	Gráficos y dibujos	Representación tabular	Ensayo y error	Fraccionamiento	Aproximación	Pregunta - Problema	Algoritmos		
Materia, energía y cambio	1	0	1	1	0	0	1	0	4 (20%)	
Teoría atómica	1	0	0	0	0	1	1	0	3 (15%)	
Sistema periódico	1	1	1	0	0	0	0	0	3 (15%)	
Enlaces químicos	1	1	0	0	1	0	0	0	3 (15%)	
Unidades de masa atómica	0	1	0	1	1	0	0	1	4 (20%)	
Reacciones químicas	0	1	0	0	0	1	0	1	3 (15%)	
Total	4 (20%)	4 (20%)	2 (10%)	2 (10%)	2 (10%)	2 (10%)	2 (10%)	2 (10%)	20 (100%)	

La prueba de entrada es susceptible de ser aplicado individual o colectivamente, invirtiéndose para su solución un tiempo de dos horas. Es diseñado para ser aplicado a estudiantes del tercer grado de secundaria a término del segundo bimestre.

El alumno se sitúa, en función del puntaje que obtenga, en algún punto de la escala 0-20 o en el continuum que comprende desde lo que denominamos “rendimiento bajo”, hasta el “rendimiento alto”.

El rendimiento bajo en la escala de calificación de la prueba de entrada es de 0-5, el rendimiento inferior al normal el intervalo de 8-12, el rendimiento normal de 12-14, el rendimiento superior al normal el intervalo de 15-17 y el rendimiento alto a los valores del intervalo de 18-20.

La prueba de entrada está configurada, según el proceso de solución de un problema, en tres partes, subprueba de comprensión y formas de representación, subprueba de estrategias de investigación en la solución heurística y la subprueba de procesos algorítmicos en la solución automatizada.

Confiabilidad de la prueba de entrada

Si se tiene en cuenta que una prueba debe ser confiable para ser válida, se comprende que la confiabilidad sea, con frecuencia, la medida estadística más significativa de la calidad y efectividad de una prueba.

La confiabilidad se refiere a la precisión con que se mide. Esto es, la prueba será válida en la medida que se aprecie lo que se propone y que lo haga con la mayor precisión posible. Cuanto mayor sea la confiabilidad menor será el error que se cometa al determinar el puntaje de un individuo.

Para determinar el coeficiente de confiabilidad hemos usado el método “prueba subdividida”. Consiste en dividir la prueba en dos mitades de ítems equivalentes, una mitad constituida por los ítems impares y la otra por los ítems pares. El coeficiente se determina mediante la fórmula de Spearman-Brown.

$$r_2 = \frac{2r_{\frac{1}{2}}}{r_{\frac{1}{2}} + 1}$$

En donde:

r_2 = confiabilidad de la prueba total

$r_{\frac{1}{2}}$ = correlación entre las dos mitades de la prueba

Para tal efecto, en primer lugar calculamos la correlación $r_{\frac{1}{2}}$ entre las puntuaciones pares y las impares, usando la fórmula estándar para el cálculo del coeficiente de correlación r de Pearson.

Nro	Comprensión Representación		Estrategias de investigación		Procesos algorítmicos		$\Sigma X \Sigma Y$		ΣX^2	ΣY^2	ΣXY
	i	p	i	p	i	p	P _i	P _p			
1	1.5	1	1	1	2.5	1	5	3	2.5	9	15
2	2.5	2	2	1	2.5	1	7	4	49	16	28
3	2.5	2.5	3	0	3.5	2.5	9	5	81	25	45
4	1	2.5	1	1	1	0.5	3	4	9	16	12
5	1.5	2.5	2	1	0.5	0.5	4	4	16	16	16
6	2	2.5	1	2	1	0.5	4	5	16	25	20
7	2.5	2.5	3	2	0.5	0.5	6	5	36	25	30
8	2.5	2.5	2	4	1.5	2.5	6	9	36	81	54
9	2	2.5	1	2	1	2.5	4	7	16	49	28
10	2.5	2	2	2	0.5	0	5	4	25	16	20
11	2	3	2	2	0	0	4	5	16	25	20
12	2	2	1	1	0	0	3	3	9	9	9
13	2	2	1	1	1	0	4	3	16	9	12
14	2.5	2.5	1	2	0.5	0.5	4	5	16	25	20
15	2.5	2	1	1	0.5	0	4	3	16	9	12
16	2	2.5	2	2	0	0.5	4	5	16	25	20
17	2	1.5	2	1	1	2.5	5	5	25	25	25
18	2.5	2.5	4	4	3.5	1.5	10	8	100	64	80
19	1	1	1	1	1	1	3	3	9	9	9
20	2	2	1	1	1	1	4	4	16	16	16
21	1	2.5	1	1	0	0.5	2	5	4	25	10
22	2.5	2	2	2	0.5	0	5	4	25	16	20
23	1.5	2.5	1	2	2.5	2.5	5	7	25	49	35
24	1	2.5	1	2	1	0.5	3	5	9	25	15
25	2	2	1	1	0	0	3	3	9	9	9
26	2.5	2.5	1	3	1.5	1.5	5	7	25	49	35
27	2	2	2	1	1	0	5	3	25	9	15
28	2.5	2.5	4	2	0.5	0.5	7	5	49	25	35
29	2	2	4	2	0	0	6	4	36	16	24
							139	137	755	717	693

$$r_{\frac{1}{2}} = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

$$\begin{aligned}
 r_{\frac{1}{2}} &= \frac{(29)(693) - (139)(137)}{\sqrt{[(29(755)) - (139)^2][29(717) - (137)^2]}} \\
 &= \frac{20097 - 19043}{\sqrt{(21895 - 19321)(20793 - 18769)}} \\
 &= \frac{1054}{\sqrt{2574 \times 2024}} = \frac{1054}{\sqrt{5209776}} = \frac{1054}{2282.5} = 0.46
 \end{aligned}$$

Luego, aplicando la fórmula de Spearman – Brown, obtenemos el valor total de la prueba subdividida

$$r_{\frac{1}{2}} = \frac{0.92}{1.46} = 0.63$$

El coeficiente de confiabilidad obtenido es muy bueno teniendo presente que ninguna prueba alcanza un grado de perfección 1, a lo más se han conseguido pruebas diseñadas por expertos con índices de 0.90 a algo más, pero generalmente suelen tener de 0.50 o menos (**Hurtado, p. 132**).

3.8 Técnicas de procesamiento y análisis de la información

3.8.1 Proceso y condiciones de la prueba de entrada

La recogida de datos de la prueba de entrada se realizó a mediados del tercer bimestre (11/09/2006) a los alumnos de las secciones A y B del tercer grado de secundaria del año lectivo 2006. La prueba tiene el propósito de conocer la situación de progreso de los alumnos en cuanto a la capacidad de resolución de problemas de química orgánica.

La prueba fue tomada sorpresivamente, con carácter obligatorio y personal (en ningún caso anónimo).

Las aulas donde se tomaron las pruebas cumplen con las especificaciones pedagógicas: airación, iluminación, comodidad de las carpetas, espacio. Estas están ubicadas en el segundo piso del primer pabellón. La aplicación de la prueba de entrada podemos clasificarla de óptimo.

3.8.2 Proceso y condiciones de las pruebas bajo el nuevo tratamiento

Las pruebas escritas colectivas, siendo por tanto iguales para todos los alumnos en el tiempo de duración y en el contenido temático, son las más ventajosas para medir el nivel del rendimiento académico, por las siguientes razones. La evaluación se apoya sobre un instrumento objetivo, cada uno de los examinados trabaja aisladamente, y la perplejidad, si es que se produce en un alumno, depende exclusivamente del grado de dificultad de los problemas propuestos.

La escala de medición usada para las pruebas, la más recomendable que mide la distribución y apreciación adecuada sin apretarse mucho (escala decimal) ni extenderse demasiado (escala centesimal), es la escala vigesimal cuyo valor central es la puntuación 10. Este valor debería corresponder al rendimiento estrictamente normal de aprobado, pero en cualquier sistema de evaluación significa la desaprobación.

Cada prueba consta de un grupo de problemas escritos y son aplicadas al término de la enseñanza de cada grupo de procesos cognitivos que permiten resolver problemas eficazmente: comprensión y representación, estrategias de investigación en la solución heurística y procesos algorítmicos en la solución automatizada. La duración de cada prueba fue de 90 minutos, tratando de medir los siguientes aspectos: La solidez de los planteamientos, el nivel de aplicación de las estrategias de descubrimiento, el desarrollo de la capacidad de proyectarse hacia lo no conocido. Esta evaluación se refleja en los criterios siguientes:

- Resuelve un problema más de su formación utilizando algún proceso cognitivo de descubrimiento, desarrollando el mismo con la mayor independencia posible.
- Demuestra sus capacidades tanto de entendimiento como de confianza en el proceso de solución integrando en sus planteamientos de solución todas las estrategias desplegadas y los contenidos específicos.
- Desarrolla su experiencia en la resolución de problemas.
- El examen en sí constituye un acto educativo y permite a cualquier docente interesado realizar un diagnóstico del estado de desarrollo alcanzado por el estudiante.
- Su contenido tiene un elevado sentido aplicativo.

Las condiciones generales de aplicación de las pruebas fueron las mismas que las dadas en la prueba de entrada.

En cuadro cuatro se muestran los procesos cognitivos, enseñados, tipo de control y las fechas respectivas en que tuvieron lugar las evaluaciones.

Cuadro 4. Procesos cognitivos y tipos de control

GRUPO	PRUEBAS	PROCESOS COGNITIVOS	CONTROL	FECHA
EXPERIMENTAL	1° prueba	Comprensión y representación	Descubrimiento	09/10/2006
	2° prueba	Estrategias de investigación heurística	Descubrimiento	06/11/2006
	3° prueba	Procesos algorítmicos	Descubrimiento	27/11/2006
CONTROL	1° prueba	Comprensión y representación	Descubrimiento	09/10/2006
	2° prueba	Estrategias de investigación heurística	Descubrimiento	06/11/2006
	3° prueba	Procesos algorítmicos	Descubrimiento	27/11/2006

Criterios de corrección de las pruebas

La primera prueba consta de cinco problemas, la segunda y la tercera de cuatro preguntas. A cada problema, correctamente resuelto, le asignamos el puntaje máximo de cuatro puntos en la primera prueba y de cinco en la segunda y la tercera prueba.

En la corrección de las pruebas tuvimos cuidado de ponderar adecuadamente el puntaje a la respuesta dada, usando los siguientes criterios:

- Solución que incluye la selección y uso correcto de la estrategia de descubrimiento Puntuación máxima.
- Solución que incluye la selección correcta pero no su aplicación en el intento de solución Puntuación parcial.

- Otros intentos de solución Puntuación nula.

3.8.3 Procesamiento de la información

Para el procesamiento de la información de los exámenes usaremos las puntuaciones directas, los porcentajes de aciertos y desaciertos por grupo de estudio y el cálculo de los valores poblacionales, siguiendo el procedimiento convencional para datos no agrupados. Se calcularán:

- a) La media

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N}$$

- b) La desviación típica

$$\sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

- c) Amplitud

$$X_{\text{máx}} - X_{\text{mín}}$$

Con respecto a los exámenes después del estímulo, es conveniente destacar que todo análisis estadístico descansa en el hecho de que las distribuciones de las notas se ajustan al modelo normal. Para considerar este hecho, consideraremos la prueba Chi - Cuadrado de Pearson (X^2).

Esta prueba nos permitirá contrastar la hipótesis de normalidad, es decir, que la distribución observada procede de una población en la que la puntuación del rendimiento académico se distribuye normalmente, frente a la hipótesis alternativa que afirma lo contrario, esto es, el rendimiento de los alumnos no se distribuye normalmente. El valor de X^2 , es:

$$X^2 = \sum \left\{ \frac{(fr.obs. - fr.teór.)^2}{fr.teór.} \right\}$$

En segundo lugar, para realizar el análisis descriptivo comparativo de los exámenes, utilizaremos la media aritmética y la desviación estándar para datos agrupados, dadas por las fórmulas:

$$\bar{Y} = \frac{\sum f_i Y_i}{N}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum f_i (Y_i - \bar{Y})^2}{N}}$$

Finalmente, para comprobar la bondad del nuevo método utilizaremos la prueba relativa a la diferencia de dos medias, dada por el estadístico t de student.

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\hat{\sigma} \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}}}$$

Donde:

\bar{X}_1 = Media de la muestra 1.

\bar{X}_2 = Media de la muestra 2.

$\hat{\sigma}$ = Varianza global

n_1 = Tamaño de la muestra 1.

n_2 = Tamaño de la muestra 2.

CAPITULO IV

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Sobre las características de la población objetivo

La población suministradora de datos está compuesta por 58 alumnos que, en el año 2006, son matriculados en el tercer año de secundaria en el Colegio Unión de Ñaña. En el cuadro 7 se resume las características generales de la población.

Cuadro 5. Resumen de los datos generales de la población

CARACTERÍSTICAS	GRUPO EXPERIMENTAL		GRUPO CONTROL		TOTAL	
	f	%	f	%	f	%
EDAD						
13	2	6.9	0	0	2	3.4
14	22	75.9	18	62.1	40	69.0
15	5	17.2	11	37.9	16	27.6
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	29	100	29	100	58	100
SEXO						
Hombre	17	58.6	15	51.7	32	55.2
Mujer	12	41.4	14	48.3	26	44.8
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	29	100	29	100	58	100
PAÍS						
Perú	27	93.1	27	93.1	54	93.1
Bolivia	2	6.9	0	0	2	3.4
Brasil	0	0.0	1	3.4	1	1.7
Rusia	0	0.0	1	3.4	1	1.7
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	29	100	29	100	58	100
PADRE VIVE						
Sí	28	96.6	26	89.7	54	93.1
No	1	3.4	3	10.3	4	6.9
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	29	100	29	100	58	100
MADRE VIVE						
Sí	29	100	29	100	58	100
No	0	0	0	0	0	0
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	29	100	29	100	58	100

CARACTERÍSTICAS	GRUPO EXPERIMENTAL		GRUPO CONTROL		TOTAL	
	f	%	f	%	f	%
ESCOLARIDAD DE LA MADRE						
Superior	24	82.8	18	62.1	42	72.5
Secundaria	4	13.8	10	34.5	14	24.1
Primaria	1	3.4	1	3.4	2	3.4
	29	100	29	100	58	100

Gráfico 1. Edad de los alumnos por sección de estudios.

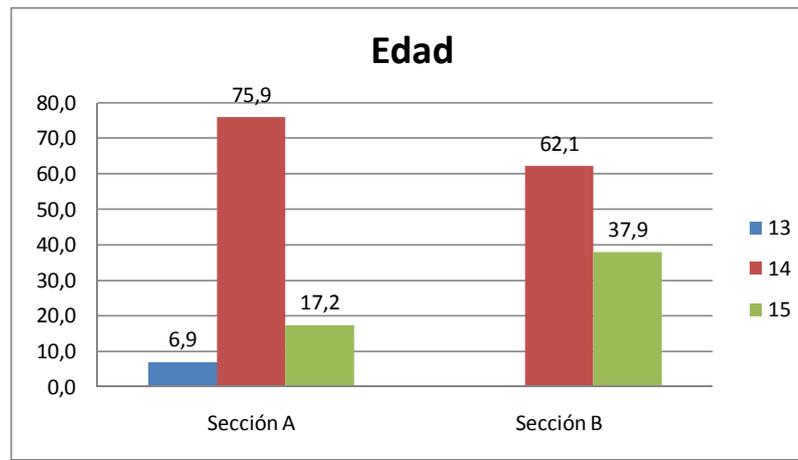


Gráfico 2. Sexo de los alumnos por sección de estudio

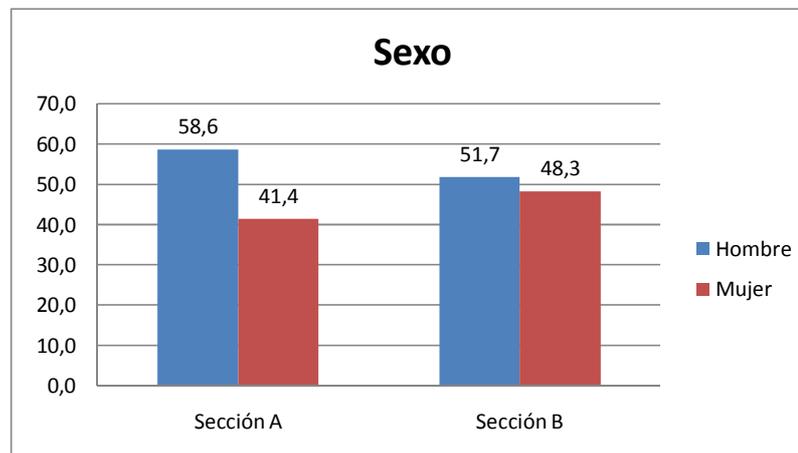
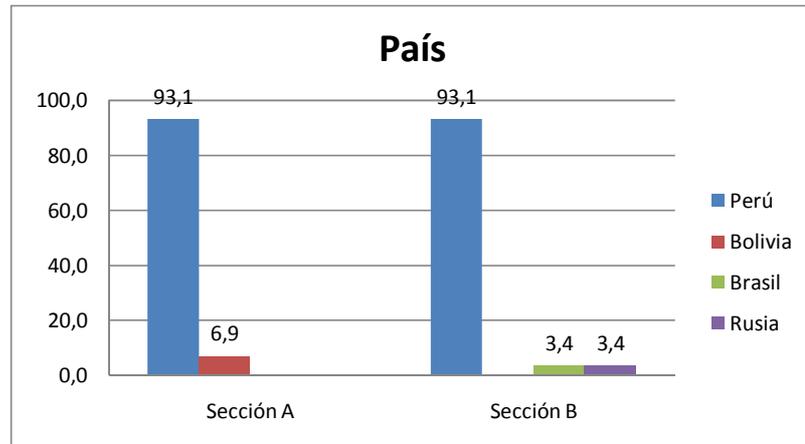
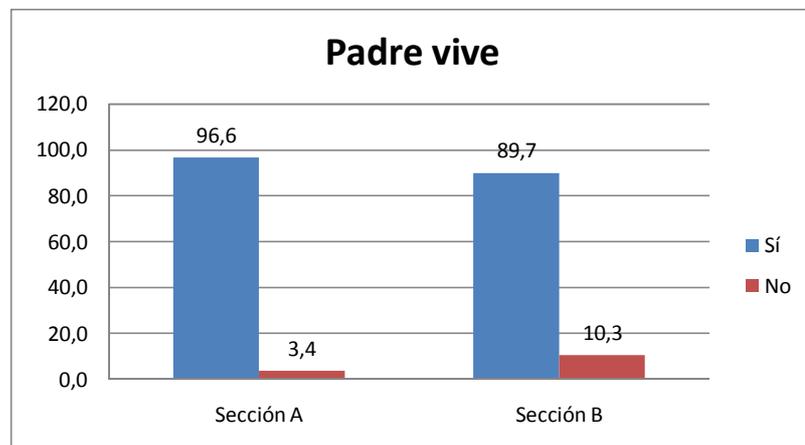
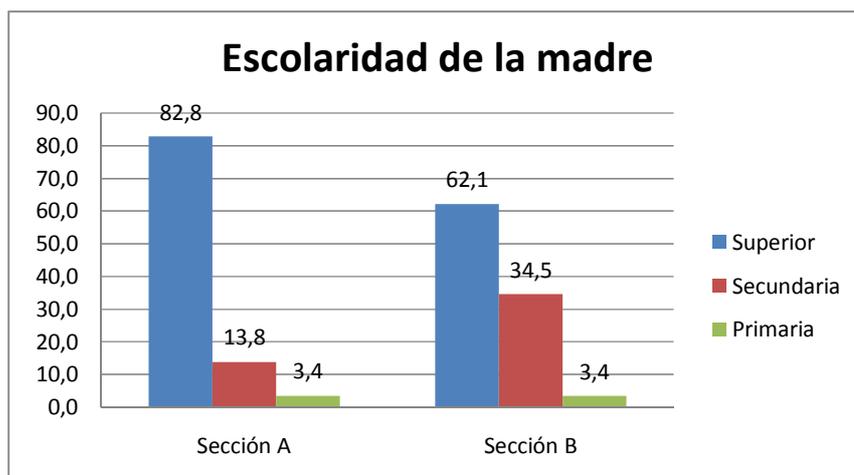


Gráfico 3. Nacionalidad de los alumnos por sección de estudio**Gráfico 4.** Existencia del padre del alumno por sección de estudios**Gráfico 5.** Escolaridad de la madre del alumno por sección de estudio

Análisis e interpretación del cuadro 7

La edad promedio del grupo control es ligeramente mayor que del grupo experimental. La moda de ambos grupos es la edad 14 desde que el 75.9% (22) y el 62.1% (18) de alumnos tienen dicha edad. En el grupo experimental el 6.2% (2) de alumnos tiene 13 años. En líneas generales la edad de los alumnos de ambos grupos fluctúa entre 14 y 15 años de edad.

El porcentaje de alumnos por sexo de ambos grupos esta equiparada. El porcentaje de hombres para el grupo experimental es de 58.6% (17) y 51.7% (15) para el grupo control. El porcentaje de mujeres para el grupo experimental es de 41.4% (12) y de 48.3% (14) para el grupo control.

El porcentaje de alumnos nacionales y extranjeros de ambos grupos esta igualado. El promedio de alumnos nacionales para ambos grupos es de 93.1% (27) y el porcentaje de alumnos extranjeros también es el mismo 6.9% (2).

En cuanto a la variable “la madre vive”, ambos grupos alcanzan el 100% (29). Con respecto a los padres, el 93.1% en promedio viven.

La escolaridad de las madres de ambos grupos se ubica en las dos categorías más altas de la escala: superior y secundaria. El porcentaje de madres con escolaridad “superior” para el grupo experimental es de 82.8% (24) y de 62.1% (18) para el grupo control. El porcentaje de madres con escolaridad “secundaria” es de 13.4% (4) par el grupo experimental y 34.5% (10) para el grupo control.

De todo el análisis se puede concluir que las variables intervinientes en el nuevo tratamiento “resolución de problemas de química a través de la aplicación de estrategias por descubrimiento” están controladas.

Condiciones de la investigación

Elaborada la guía didáctica bajo la consideración del aprendizaje por descubrimiento guiado, nuestra preocupación se concentró en su dosificación y programación en ocho semanas a razón de cuatro períodos de clases semanales, siendo de 45 minutos cada período, dos de teoría y dos de práctica. Ambas secciones estuvieron bajo mi responsabilidad.

En el cuadro 8 se muestra el horario de clase, la distribución de la población objetivo y los grupos que se contraponen en la investigación.

Cuadro 6. Distribución de alumnos por grupo, tratamiento, horario de clase

Sección	f	Grupo	Tratamiento	Horario		
				Lunes	Miércoles	Viernes
A	29	Experimental	Estrategias heurísticas y algorítmicas	7.30-9.00 am	7.30-9.00 am	7.30-9.00 am
B	29	Control	Formas tradicionales	9:00-10.30 am		
Total	58			4 períodos	2 períodos	2 períodos

Fuente: Dirección académica del Colegio Unión

Información de la prueba de entrada

Los problemas resueltos correctamente alcanzan la puntuación máxima. En el caso de solución de problemas donde se utilizan procesos de comprensión y representación la puntuación máxima es de 5, en donde se usan estrategias de investigación 8 y en el caso donde se usan procesos algorítmicos 7 puntos.

La hoja resumen de la información de la prueba de diagnóstico se encuentra en el anexo.

Análisis del rendimiento académico previo al inicio del tratamiento.

Presentaremos en esta sección el análisis de los datos obtenidos a partir de la prueba de entrada. Estos datos son de gran interés, y nuestro objetivo al estudiarlo reside en el hecho de conocer la situación inicial, que sirva para contar con un punto de partida, esto es una apreciación cuantitativa del rendimiento académico antes de iniciar con el nuevo tratamiento. Igualmente permite determinar las técnicas y habilidades que maneja en la solución de problemas de química, no donde debería estar o debería de resolver, sino donde se encuentra con el propósito de realizar una retroalimentación para llenar los vacíos procedimentales prerequisites que se requieren antes de introducir el nuevo tratamiento

Cuadro 7. Distribución de los puntajes de la prueba de entrada

CLASES	GRUPO CONTROL			GRUPO EXPERIMENTAL		
	f	h	%	f	h	%
0 - 7	6	0.21	21	7	0.24	24
8 - 11	17	0.59	59	16	0.56	56
12 - 14	4	0.14	14	4	0.14	14
15 - 17	1	0.03	3	1	0.03	3
18 - 20	1	0.03	3	1	0.03	3
	29	1.00	100	29	1.00	100

Análisis e interpretación

De los datos del cuadro podemos observar que las calificaciones de ambos grupos se distribuyen equiparadamente en las diferentes categorías del continuum de la escala vigesimal. En las tres últimas categorías: rendimiento normal, rendimiento superior al normal y rendimiento alto los porcentajes son iguales siendo sus valores 14%, 3% y 3% respectivamente. En la primera categoría “rendimiento bajo” la diferencia de porcentaje entre ambos grupos es de 3%, superando en tres unidades el grupo experimental al grupo control. En la segunda categoría “rendimiento inferior al normal” el grupo control supera en tres unidades al grupo experimental. Desde el punto de vista metodológico del diseño experimental, los dos grupos se encuentran homogenizados con respecto a los requisitos previos para iniciar el nuevo tratamiento.

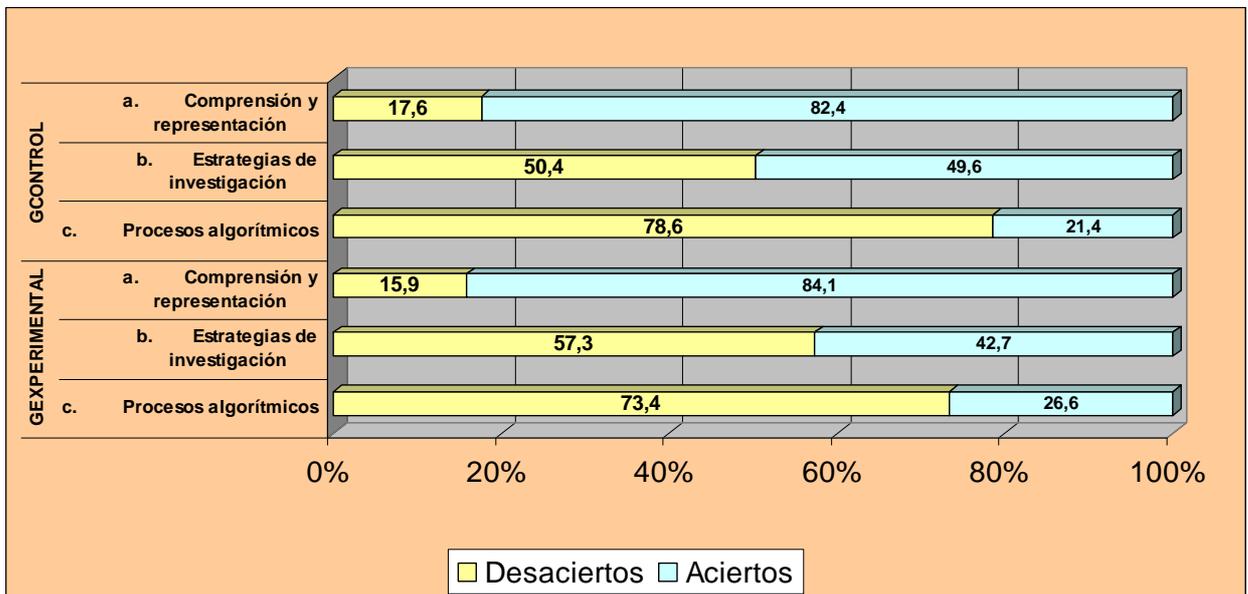
Otra evidencia cuantitativa que nos permite ratificar la conclusión anterior es el siguiente cuadro estadístico

Cuadro 8. Porcentaje de aciertos de los alumnos de la prueba de entrada

GRUPOS	G. CONTROL		G. EXPERIMENTAL		APRECIACIÓN DEL REND. ACADÉMICO
	% de aciertos	% de desaciertos	% de aciertos	% de desaciertos	
a. Comprensión y representación	82.4	17.6	84.1	15.9	Sólo en la subprueba de comprensión y representación se supera al 50 %, en los restantes subpruebas el rendimiento académico es inferior al 50 %
b. Estrategias de investigación	49.6	50.4	42.7	57.3	
c. Procesos algorítmicos	21.4	78.6	26.6	73.4	
Prueba completa	47.9	52.1	47.6	52.4	

Nota: En la subprueba a los alumnos alcanzaron el mayor rendimiento y en procesos algorítmicos, alcanzaron el menor rendimiento.

Gráfico 6. Porcentaje de aciertos y desaciertos de la prueba de entrada



Análisis e interpretación

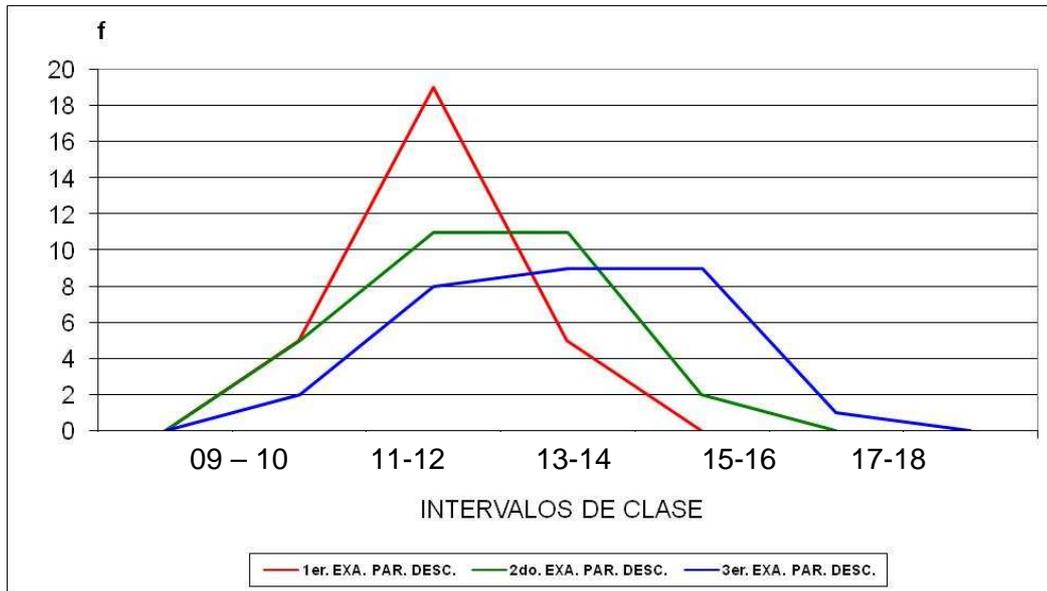
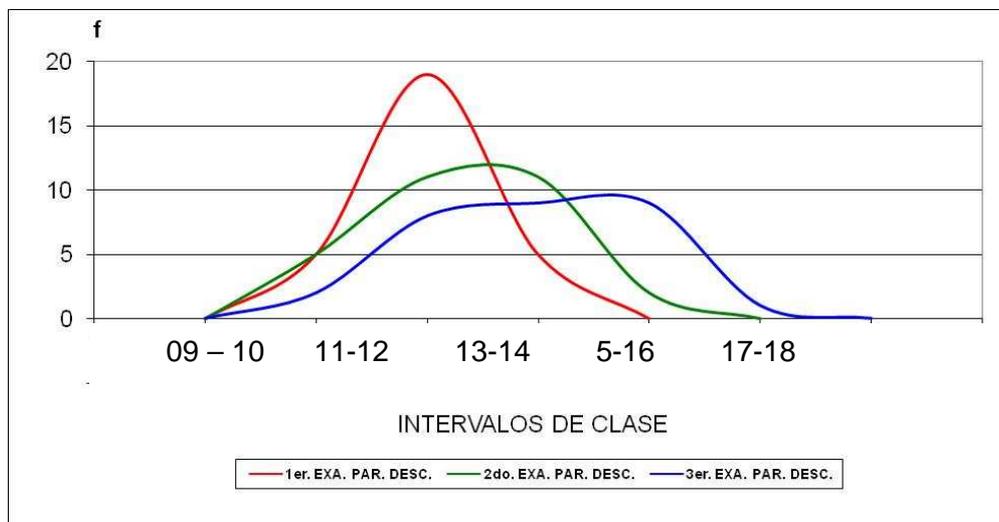
El análisis del cuadro 8 muestra que en la primera subprueba “comprensión y representación” el puntaje de aciertos es mayor que el porcentaje de desaciertos, tanto en el Grupo Control como en el Grupo Experimental en una razón aproximada de 5 a 1. En la segunda subprueba “Estrategias de investigación” el porcentaje de desaciertos, en ambos grupos, supera ligeramente al porcentaje de aciertos. Finalmente en la tercera subprueba “procesos algorítmicos” el porcentaje de desaciertos es superior al porcentaje de aciertos en una razón aproximada de 3 a 1. Se puede apreciar que existe una relación inversa entre el porcentaje de aciertos y el nivel taxonómico cognoscitivo, esto es, a mayores niveles cognoscitivos le corresponde menores porcentajes de aciertos. Esta correlación es regular en todas las situaciones de la apreciación objetiva del rendimiento académico, lo preocupante es el bajo porcentaje alcanzado muy por debajo del rendimiento medio representado por el 50% de respuestas correctas.

Análisis cuantitativo de las pruebas por descubrimiento de ambos grupos.

La hoja de resumen de la información de las pruebas bajo el nuevo tratamiento se encuentra en el anexo de **Hoja de resumen de la información de las pruebas bajo el nuevo tratamiento.**

Cuadro 9. Distribución de las calificaciones de las pruebas bajo el nuevo tratamiento del grupo control

$y_{i-1} - y_i$	y_i	f_i	h_i	F		$H(\%)$		$y_i f_i$	$y_i - \hat{y}$	$f_i(y_i - \hat{y})^2$	Medidas descriptivas
Primera prueba parcial por descubrimiento											
09 - 10	9.5	5	0.17	5	29	17	100	47.5	-2	20	$\bar{Y} = 11.5$
11 - 12	11.5	19	0.66	24	24	83	83	218.5	0	0	S = 1.2
13 - 14	13.5	5	0.17	29	5	100	17	67.5	2	20	CV = 0.10
		29	1.00					333.5		40	
Segunda prueba parcial por descubrimiento											
09 - 10	9.5	5	0.17	5	29	17	100	47.5	-2.7	36.45	$\bar{Y} = 12.2$
11 - 12	11.5	11	0.38	16	24	55	83	126.5	-0.7	5.39	S = 1.7
13 - 14	13.5	11	0.38	27	13	93	45	148.5	1.3	18.59	CV = 0.14
15 - 16	15.5	2	0.07	29	2	100	7	31.0	3.3	21.78	
		29	1.00					353.5		82.21	
Tercera prueba parcial por descubrimiento											
09 - 10	9.5	2	0.07	2	29	7	100	19.0	-3.9	30.42	$\bar{Y} = 13.4$
11 - 12	11.5	8	0.28	10	27	35	93	92.0	-1.9	28.88	S = 2.0
13 - 14	13.5	9	0.31	19	19	66	65	121.5	0.1	0.09	CV = 0.15
15 - 16	15.5	9	0.31	28	10	97	34	139.5	2.1	39.69	
17 - 18	17.5	1	0.03	29	1	100	3	17.5	4.1	16.81	
		29	1.00					389.5		115.89	

Gráfico 7. Polígonos de frecuencias del grupo control**Gráfico 8.** Curvas de frecuencia del grupo control

Análisis e interpretación de (grupo control)

En primer lugar, las curvas de frecuencia de las calificaciones de las tres pruebas parciales por descubrimiento presentan una configuración fuertemente aproximada al modelo de la distribución normal.

Las magnitudes de las medias aritméticas, desviaciones típicas y coeficientes de variación de los tres exámenes gozan de las siguientes propiedades: $\bar{Y}_1 < \bar{Y}_2 < \bar{Y}_3$, $S_1 < S_2 < S_3$ y $CV_1 < CV_2 < CV_3$. Del análisis de estas cadenas de desigualdades resultan que las curvas de frecuencias de esta familia de distribuciones se representan de modo que el siguiente está a la derecha del anterior ($\bar{Y}_1 < \bar{Y}_2 < \bar{Y}_3$). De otro lado la primera curva es más estrecha y alta que la segunda, y la segunda más estrecha y alta que la tercera, debido al comportamiento de las dos últimas cadenas de desigualdades. En general, existe una correspondencia directamente proporcional entre la magnitud del coeficiente de variación y el sistema de dispersión de las calificaciones, esto es: si la mayor parte de las calificaciones se encuentra muy dispersa alrededor de la media, el coeficiente de variación es grande.

Tomando como base de comparación el porcentaje de aprobados de la primera prueba por descubrimiento del grupo experimental, respecto de la medida respectiva $\bar{Y} = 13$, valor que se ubica en el tercer intervalo de clase, resulta que:

El 17%(5) de los alumnos aprobó la primera prueba parcial por descubrimiento con una nota mayor o igual a 13 y el 83%(24) no aprobó.

1. El 45%(13) de los alumnos ha aprobado la segunda prueba parcial por descubrimiento con una nota mayor o igual a 13 y el 55%(16) no.

El 62%(18) de los alumnos ha aprobado la tercera prueba parcial por descubrimiento con una nota mayor o igual a 13 y el 38%(11) no lo hizo.

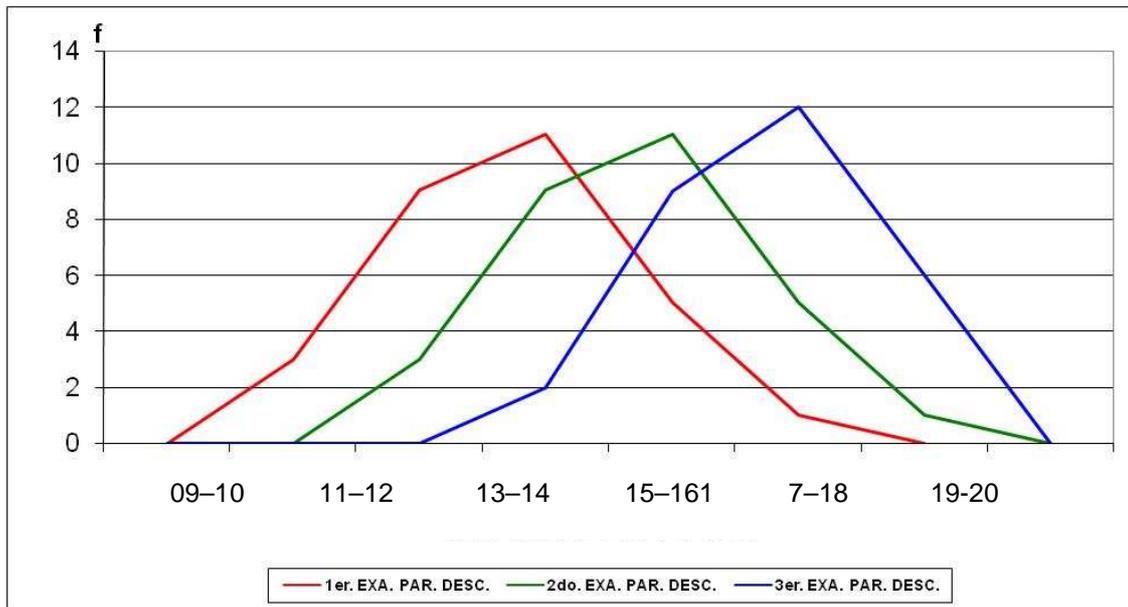
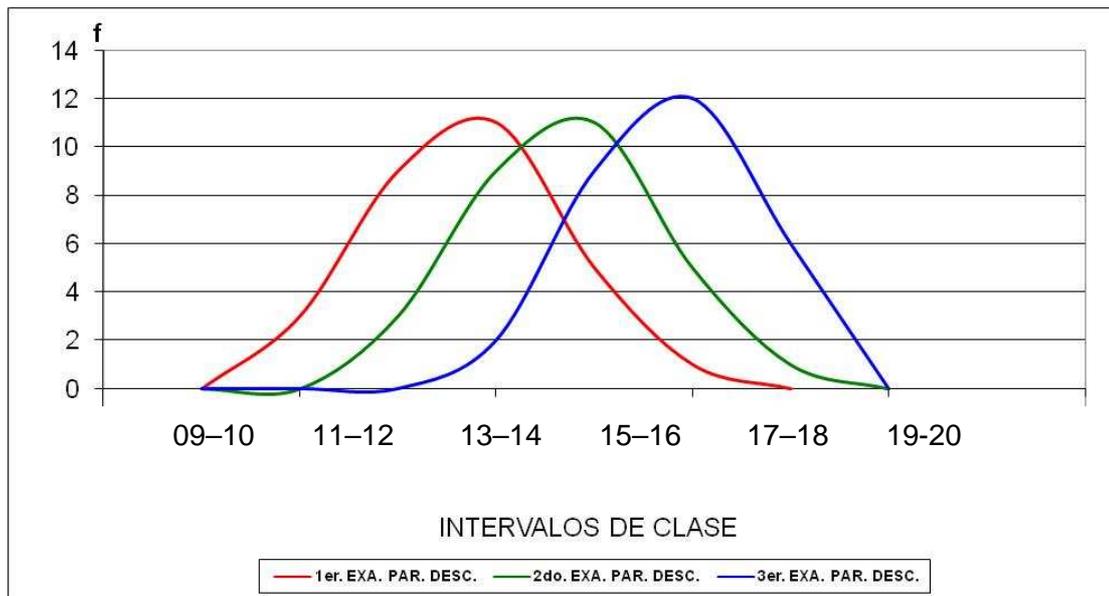
La apreciación progresiva de las evaluaciones reformadas del rendimiento académico de los alumnos del grupo control sufre una variación creciente muy débil en la media aritmética con un ligero cambio de desplazamiento horizontal de las curvas de frecuencia hacia la derecha con respecto a la curva de la primera prueba por descubrimiento. La secuencia creciente débil obtenida de las medias revela el grado de dificultad que tienen los alumnos al resolver los problemas.

De la interpretación de la curva normal se concluye el porcentaje de alumnos cuyas calificaciones se ubica en los 3 intervalos básicos:

Porcentaje	1er. Examen desc.	2do. Examen desc.	3er. Examen desc.
68.3 ($\hat{Y} - s, \hat{Y} + s$)	(10.4, 12.7)	(10.5, 13.9)	(11.4, 15.4)
95.5 ($\hat{Y} - 2s, \hat{Y} + 2s$)	(9.1, 13.9)	(8.8, 15.6)	(9.4, 17.4)
99.7 ($\hat{Y} - 3s, \hat{Y} + 3s$)	(7.9, 15.1)	(7.1, 17.3)	(7.4, 19.4)

Cuadro 10. Distribución de las calificaciones de las pruebas bajo el nuevo tratamiento del grupo experimental

$y_{i-1} - y_i$	y_i	f_i	h_i	F	$H(\%)$	$y_i f_i$	$y_i - \bar{y}$	$fi(y_i - \bar{y})^2$	Medidas descriptivas		
Primera prueba parcial por descubrimiento.											
09 - 10	9.5	3	0.10	3	29	10	100	28.5	-3.40	34.68	$\bar{Y} = 12.9$
11 - 12	11.5	9	0.31	12	26	41	90	103.5	-1.40	17.64	$S = 1.99$
13 - 14	13.5	11	0.39	23	17	80	59	148.5	0.60	3.96	$CV = 0.15$
15 - 16	15.5	5	0.17	28	6	97	20	77.5	2.60	33.80	
17 - 18	17.5	1	0.03	29	1	100	3	17.5	4.60	21.16	
		29	1.00					375.50		111.24	
Segunda prueba parcial por descubrimiento											
11 - 12	11.5	3	0.10	3	29	10	100	34.5	-3.4	34.68	$\bar{Y} = 14.9$
13 - 14	13.5	9	0.31	12	26	41	90	121.5	-1.4	17.64	$S = 1.99$
15 - 16	15.5	11	0.39	23	17	80	59	170.5	0.6	3.96	$CV = 0.13$
17 - 18	17.5	5	0.17	28	6	97	20	87.5	2.6	33.80	
19 - 20	19.5	1	0.03	29	1	100	3	19.50	4.6	21.16	
		29	1.00					433.5		111.24	
Tercera prueba parcial por descubrimiento											
13 - 14	13.5	2	0.07	2	29	7	100	27.0	-3.5	24.50	$\bar{Y} = 17$
15 - 16	15.5	9	0.31	11	27	38	93	139.5	-1.5	20.25	$S = 1.74$
17 - 18	17.5	12	0.41	23	18	79	62	210.0	0.5	3.00	$CV = 0.10$
19 - 20	19.5	6	0.21	29	6	100	21	117.0	2.5	37.50	
		29	1.00					493.5		85.25	

Gráfico 9. Polígonos de frecuencia del grupo experimental**Gráfico 10.** Curvas de frecuencia del grupo experimental

Análisis e interpretación (grupo experimental)

Las desviaciones típicas de las distribuciones de las notas de las tres pruebas por descubrimiento forman una sucesión decreciente, $1.99 \geq 1.99 > 1.74$.

Igualmente sus medias aritméticas forman una sucesión estrictamente creciente $12.9 < 14.9 < 17$.

De ambas cadenas de desigualdades se determina que las magnitudes de los coeficientes de variación, en el orden dado, forman una sucesión decreciente: $0.15 > 0.13 > 0.10$.

Las consideraciones anteriores tipifican la bondad de la aplicación de las estrategias heurísticas y algorítmicas en la solución de problemas de química en el sentido de que las curvas de frecuencia, con cierta regularidad, se van ligeramente estrechando y levantándose cada vez más alrededor de la media móvil creciente, provocando un desplazamiento horizontal de la curva hacia la derecha. Lo anterior significa que el rendimiento académico mejora considerablemente tanto en la densidad de las notas como en la nota media.

Tomando como base de comparación el porcentaje de aprobados de la primera prueba por descubrimiento, con respecto a la medida descriptiva $\bar{Y} = 13$, resulta:

1. El 59%(17) de los alumnos aprobó la primera prueba parcial por descubrimiento con una nota mayor o igual a 13 y el 41%(12) no aprobó.
2. El 90%(26) de los alumnos ha aprobado la segunda prueba parcial por descubrimiento con una nota mayor o igual a 13 y el 10%(3) no lo hizo.
3. El 100%(29) de los alumnos ha aprobado la tercera prueba parcial por descubrimiento con una nota mayor o igual a 13.

De la interpretación de la curva normal se concluye el porcentaje de alumnos cuyas calificaciones se ubican en los tres intervalos básicos.

Porcentaje	1er. Examen desc.	2do. Examen desc.	3er. Examen desc.
68.3 ($\hat{Y} - s, \hat{Y} + s$)	(10.9, 14.9)	(12.9, 16.9)	(15.3, 18.7)
95.5 ($\hat{Y} - 2s, \hat{Y} + 2s$)	(8.9, 16.9)	(10.9, 18.9)	(13.5, 20)
99.7 ($\hat{Y} - 3s, \hat{Y} + 3s$)	(6.9, 18.9)	(8.4, 20)	(11.8, 20.9)

En síntesis, podemos afirmar que las distribuciones de frecuencias de las notas de las diferentes pruebas, tanto del grupo control como experimental, presentan una distribución fuertemente aproximado al modelo teórico de la distribución normal, en el sentido que:

- 1) Tanto x_1 como x_2 ambas tienen distribuciones normales (x_1 y x_2 son variables aleatorias independientes).
- 2) Las medias μ_1 y μ_2 son iguales, $\mu_1 = \mu_2$.
- 3) Las varianzas σ_1^2 y σ_2^2 son iguales, $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$.

De esta manera, se satisface los requerimientos para realizar la prueba de las hipótesis estadísticas que exige la prueba relativa a la diferencia de dos medias cuando x_1 y x_2 están distribuidas normalmente pero σ_1^2 y σ_2^2 son desconocidas.

Prueba de bondad de ajuste de las muestras

Antes de probar las hipótesis estadísticas, resulta apropiada realizar una prueba de bondad de ajuste para decidir si cada distribución de notas es incompatible con la distribución normal. Esto es determinar si una muestra de calificaciones observadas de una prueba parcial por descubrimiento es compatible o no con la hipótesis de que se extrajo de una población de valores con distribución normal.

1. **Datos.** Los datos constan de las calificaciones obtenidas en la primera (segunda y tercera) prueba parcial por descubrimiento en el proceso de solución de problemas de química por 11 (10 y 9) estudiantes de la sección A y 11 (10 y 10) de la sección B del tercer grado de educación secundaria del Colegio Unión de Ñaña.

2. Hipótesis

Ho: Los datos se extrajeron de una población con distribución normal.

Ha: Los datos no se extrajeron de una población con distribución normal.

3. Estadística de prueba de Ji-cuadrada

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

4. **Nivel de significación** $\alpha = 0.005$

5. **Grados de Libertad.** (El número de intervalos de clase) -1 (por la restricción: que

$$\sum E_i = \sum O_i).$$

Muestra	Grupo experimental	Grupo control
1° Prueba por descubrimiento	g.l. = 4	g.l. = 2
2° Prueba por descubrimiento	g.l. = 3	g.l. = 3
3° Prueba por descubrimiento	g.l. = 2	g.l. = 3

6. **Regla de decisión:**

$$X_c^2 > X_t^2 \text{ se rechaza } H_0$$

$$X_c^2 < X_t^2 \text{ se acepta } H_0$$

Muestra	Grupo experimental	Grupo control
1° prueba por descubrimiento	$X_t^2 = 14.860$	$X_t^2 = 7.879$
2° prueba por descubrimiento	$X_t^2 = 12.838$	$X_t^2 = 10.597$
3° prueba por descubrimiento	$X_t^2 = 10.597$	$X_t^2 = 10.597$

7. Estadística de prueba calculada

Límites de frontera	Frecuencia observada O_i	Parámetros	$Z = (Y_i - \bar{Y}) / S$ En el límite inferior del intervalo	Frecuencia relativa esperada	Frecuencia esperada E_i	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
Primera prueba parcial por descubrimiento						
Experimental						
8.5 – 10.5	1		-2.21	0.0995	1.19	0.030
10.5 – 12.5	3	$\bar{Y} = 12.9$	-1.21	0.3076	3.69	0.129
12.5 – 14.5	5	$S = 1.99$	-0.20	0.3674	4.41	0.079
14.5 – 16.5	2		0.80	0.1768	2.12	6.792
16.5 – 18.5	1		1.81	0.0326	0.39	0.954
	12					7.984
Control						
8.5 – 10.5	3	$\bar{Y} = 11.5$	-2.73	0.1782	1.96	0.552
10.5 – 12.5	8	$S = 1.1$	-0.91	0.6345	6.98	0.149
	11					0.701
Segunda prueba parcial por descubrimiento						
Experimental						
12.5 – 14.5	6	$\bar{Y} = 14.9$	-1.21	0.3076	3.08	2.768
14.5 – 16.5	2	$S = 1.99$	-0.20	0.3674	3.67	0.760
16.5 – 18.5	1		0.80	0.1768	1.77	0.335
18.5 – 20	1		1.81	0.0299	0.30	1.633
	10					5.496
Control						
8.5 – 10.5	2	$\bar{Y} = 12.2$	-2.18	0.1441	1.44	0.218
10.5 – 12.5	2	$S = 1.7$	-1.00	0.4127	4.13	1.099
12.5 – 14.5	6		0.18	0.3401	3.40	1.988
	10					3.305
Tercera prueba parcial por descubrimiento						
Experimental						
14.5 – 16.5	4	$\bar{Y} = 17$	-1.44	0.3110	2.80	0.514
16.5 – 18.5	4	$S = 1.74$	-0.29	0.4192	3.77	0.014
18.5 – 20	1		0.86	0.1522	1.37	0.100
	9					0.628
Control						
10.5 – 12.5	4	$\bar{Y} = 13.4$	-1.45	0.2529	2.53	0.854
12.5 – 14.5	3	$S = 2.0$	-0.45	0.3824	3.82	0.176
14.5 – 16.5	3		0.55	0.2306	2.31	0.206
	10					1.236

8. Decisión estadística

Se acepta H_0 ya que

Muestra	Grupo experimental	Grupo control
1° prueba por descubrimiento	$0.172 < 14.860$	$0.083 < 7.879$
2° prueba por descubrimiento	$2.156 < 12.838$	$3.158 < 10.597$
3° prueba por descubrimiento	$0.075 < 10.597$	$1.508 < 10.597$

9. Conclusión

En base a la prueba de bondad se concluye que los datos extraídos en las muestras x_1 (grupo experimental) y x_2 (grupo control), respectivamente, han provenído de una distribución normal.

Con los requerimientos de que x_1, x_2 se distribuyen normalmente, pasaremos a las pruebas relativas a la diferencia de las medias, haciendo inferencias alrededor de μ_1 y μ_2

Prueba relativa a la diferencia de dos medias

Estadístico t de prueba a la primera prueba por descubrimiento

Los subíndices 1 y 2 del parámetro y/o estadístico que se utilice, en ese orden, se referirán a la sección A (grupo experimental) y a la sección B (grupo control) respectivamente en lo que sigue de esta sección.

Selección de las muestras

Para la selección de las muestras utilizaremos la tabla de números aleatorios, tercer millar; columnas 25 y 26 para el grupo experimental y columnas de 5 – 8 para el grupo control.

Sección A:
$$\frac{23 \ 24 \ 14 \ 22 \ 2 \ 27 \ 1 \ 17 \ 29 \ 19 \ 20 \ 9}{14 \ 12 \ 16 \ 11 \ 13 \ 10 \ 14 \ 15 \ 12 \ 14 \ 13 \ 17}$$

Sección B:
$$\frac{10 \ 29 \ 23 \ 15 \ 4 \ 24 \ 26 \ 22 \ 25 \ 18 \ 16}{12 \ 11 \ 12 \ 10 \ 12 \ 11 \ 11 \ 10 \ 12 \ 11 \ 9}$$

Hipótesis. $H_0: \mu_1 = \mu_2$

$$H_1: \mu_1 > \mu_2$$

Nivel de significación $\alpha = 0.01$

Estadística de prueba t_{21}

Criterio de decisión

Rechazar H_0 si $t_{21} > 2.518$

Aceptar H_0 si $t_{21} < 2.518$

Cálculos

Grupo Exp.	Grupo Cont.	X_1^2	X_2^2
10	9	100	81
11	10	121	100
12	10	144	100
12	11	144	121
13	11	169	121
13	11	169	121
14	11	196	121
14	12	196	144
14	12	196	144
15	12	225	144
16	12	256	144
17		289	
161	121	2205	1341
$\bar{X}_1=13.4$	$\bar{X}_2=11$		

Así la suma de cuadrados resulta.

$$n_1 S_1^2 = \sum (x_1 - \bar{x}_1)^2 = \sum x_1^2 - \frac{1}{n_1} (\sum x_1)^2$$

$$= 2205 - \frac{1}{12} (161)^2 = 2205 - \frac{1}{12} (25921)$$

$$= 2205 - 2160.1 = 44.9 \cong 45$$

$$n_2 S_2^2 = \sum (x_2 - \bar{x}_2)^2 = \sum x_2^2 - \frac{1}{n_2} (\sum x_2)^2$$

$$= 1341 - \frac{1}{11}(121)^2 = 1341 - \frac{1}{11}(14641)$$

$$= 1341 - 1331 = 10$$

La tabla de operaciones es:

Grupo	Numero de alumnos	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Media
Experimental	12	11	45	4.1	13.4
Control	11	10	10	1	11
		-----	-----		
		21	55		

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{n_1 S_1^2 + n_2 S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} = \frac{45 + 10}{12 + 11 - 2} = \frac{55}{21} = 2.62$$

Estadístico de prueba t_{30}

El estadístico t resulta

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\hat{\sigma}} \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}}$$

$$t = \frac{13.4 - 11}{\sqrt{2.62}} \sqrt{\frac{12 \times 11}{12 + 11}}$$

$$t = \frac{2.4}{1.62} \sqrt{\frac{132}{23}}$$

$$t = \frac{2.4}{1.62} \sqrt{5.7391}$$

$$t = \frac{5.74944}{1.62}$$

$$t = 3.55$$

Criterio de decisión

Rechazamos H_0 . Se comprueba: los alumnos que en el proceso de solución de problemas de química utilizan estrategias heurísticas de comprensión y formas de representación alcanzan un mayor rendimiento académico medio que aquellos alumnos que utilizan las formas tradicionales.

Estadístico t de prueba a la segunda prueba por descubrimiento

Selección de las muestras

Para la selección de las muestras utilizaremos la tabla de números aleatorios, segundo millar; columnas 33 - 36 para el grupo experimental y columnas de 1 - 6 para el grupo control.

Sección A:
$$\frac{4 \ 9 \ 5 \ 25 \ 21 \ 22 \ 16 \ 4 \ 5 \ 29}{15 \ 19 \ 14 \ 14 \ 17 \ 13 \ 13 \ 15 \ 14 \ 14}$$

Sección B:
$$\frac{10 \ 16 \ 17 \ 8 \ 1 \ 4 \ 3 \ 25 \ 9 \ 19}{14 \ 9 \ 9 \ 11 \ 11 \ 14 \ 13 \ 13 \ 14 \ 14}$$

Hipótesis $H_0: \mu_1 = \mu_2$

$H_1: \mu_1 > \mu_2$

Nivel de significación $\alpha = 0.01$

Estadístico de prueba t_{18}

Criterio de decisión

Rechazar H_0 si $t_{18} > 2.552$

Aceptar H_0 si $t_{18} < 2.552$

Cálculos

Grupo Exp.	Grupo Cont.	X_1^2	X_2^2
13	9	169	81
13	9	169	81
14	11	196	121
14	11	196	121
14	13	196	169
14	13	196	169

15	14	225	196
15	14	225	196
17	14	289	196
19	14	361	196
148	122	2222	1526
$\bar{X}_1=14.8$	$\bar{X}_2=12.2$		

Así la suma de cuadrados resulta.

$$n_1 S_1^2 = \sum (x_1 - \bar{x}_1)^2 = \sum x_1^2 - \frac{1}{n_1} (\sum x_1)^2$$

$$= 2222 - \frac{1}{10} (148)^2 = 2222 - \frac{1}{10} (21904)$$

$$= 2222 - 2190.4 = 31.6 \cong 32$$

$$n_2 S_2^2 = \sum (x_2 - \bar{x}_2)^2 = \sum x_2^2 - \frac{1}{n_2} (\sum x_2)^2$$

$$= 1526 - \frac{1}{10} (122)^2 = 1526 - \frac{1}{10} (14884)$$

$$= 1526 - 1488.4 = 37.6 \cong 38$$

La tabla de operaciones es:

Grupo	Numero de alumnos	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Media
Experimental	10	9	32	3.6	14.8
Control	10	9	38	4.2	12.2
		----- 18	----- 70		

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{n_1 S_1^2 + n_2 S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} = \frac{32 + 38}{10 + 10 - 2} = \frac{70}{18} = 3.89$$

Estadístico de prueba t_{18}

El estadístico t resulta

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\hat{\sigma}} \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}}$$

$$t = \frac{14.8 - 12.2}{\sqrt{3.89}} \sqrt{\frac{10 \times 10}{10 + 10}}$$

$$t = \frac{2.6}{1.9723} \sqrt{\frac{100}{20}}$$

$$t = \frac{2.6}{1.9723} \sqrt{5}$$

$$t = \frac{2.6}{1.9723} (2.2361)$$

$$t = \frac{5.81386}{1.9723}$$

$$t = 2.95$$

Decisión

Rechazamos H_0 . Se concluye: Los alumnos que en el proceso de solución de problemas de química utilizan métodos heurísticos de investigación para relacionar datos e incógnitas y solucionarlo alcanzan un mayor rendimiento académico medio que aquellos alumnos que utilizan métodos tradicionales.

Estadístico t de prueba a la tercera prueba parcial por descubrimiento

Selección de las muestras

Para la selección de las muestras utilizaremos la tabla de números aleatorios, primer millar; columnas 21 - 26 para el grupo experimental y columnas de 9 - 12 para el grupo control.

Sección A: $\frac{6 \ 2 \ 8 \ 24 \ 5 \ 25 \ 14 \ 23 \ 18}{17 \ 17 \ 18 \ 16 \ 16 \ 16 \ 19 \ 18 \ 15}$

Sección B: $\frac{18 \ 26 \ 25 \ 20 \ 19 \ 1 \ 10 \ 11 \ 8 \ 24}{12 \ 13 \ 13 \ 13 \ 16 \ 12 \ 15 \ 15 \ 11 \ 12}$

Hipótesis $H_0: \mu_1 = \mu_2$

$$H_1: \mu_1 > \mu_2$$

Nivel de significación $\alpha = 0.01$

Estadística de prueba t_{17}

Criterio de decisión

Rechazar H_0 si $t_{17} > 2.567$

Aceptar H_0 si $t_{17} < 2.567$

Cálculos

Grupo Exp.	Grupo Cont.	X_1^2	X_2^2
X_1	X_2		
15	11	225	121
16	12	256	144
16	12	256	144
16	12	256	144
17	13	289	169
17	13	289	169
18	13	324	169
18	15	324	225
19	15	361	225
	16		256
152	132	2580	1766
$\bar{X}_1=16.8$	$\bar{X}_2=13.2$		

Así la suma de cuadrados resulta.

$$n_1 S_1^2 = \sum (x_1 - \bar{x}_1)^2 = \sum x_1^2 - \frac{1}{n_1} (\sum x_1)^2$$

$$= 2580 - \frac{1}{9} (152)^2 = 2580 - \frac{1}{9} (23104)$$

$$= 2580 - 2567.1 = 12.9 \cong 13$$

$$n_2 S_2^2 = \sum (x_2 - \bar{x}_2)^2 = \sum x_2^2 - \frac{1}{n_2} (\sum x_2)^2$$

$$= 1766 - \frac{1}{10} (132)^2 = 1766 - \frac{1}{10} (17424)$$

$$=1766 - 1742.4 = 23.6 \cong 24$$

La tabla de operaciones es:

Grupo	Numero de alumnos	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Media
Experimental	9	8	13	1.63	16.8
Control	10	9	24	2.67	13.2
		-----	-----		
		17	37		

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{n_1 S_1^2 + n_2 S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} = \frac{13 + 24}{9 + 10 - 2} = \frac{37}{17} = 2.1765$$

Estadístico de prueba t_{17}

El estadístico t resulta

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\hat{\sigma}} \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}}$$

$$t = \frac{16.8 - 13.2}{\sqrt{2.1765}} \sqrt{\frac{9 \times 10}{9 + 10}}$$

$$t = \frac{3.6}{1.4753} \sqrt{\frac{90}{19}}$$

$$t = \frac{3.6}{1.4753} \sqrt{4.7368}$$

$$t = \frac{3.6}{1.4753} (2.1764)$$

$$t = \frac{7.8351}{1.4753}$$

$$t = 5.31$$

Decisión

Rechazamos H_0 . Concluimos: Los alumnos que en el proceso de solución de problemas de química utilizan procesos algorítmicos para solucionarlo alcanzan un mayor rendimiento académico medio que aquellos alumnos que utilizan procesos mecanizados.

CONCLUSIONES

1. Las distribuciones de los puntajes de la prueba de entrada de ambos grupos son similares, pues en las dos primeras categorías, rendimiento bajo y rendimiento inferior al normal, las frecuencias absolutas están equiparadas y en las tres últimas categorías: rendimiento normal, rendimiento superior al normal y rendimiento alto, las frecuencias absolutas son las mismas.
2. La proporción de hombres y mujeres, de peruanos y extranjeros, de padres vivos y padres muertos, de madres vivas y de madres muertas, y de madres con grado de escolaridad de primaria, secundaria y superior para ambos grupos es la misma. La equivalencia inicial en cuanto al sexo de los alumnos, padre vive SI/NO y escolaridad de las madres para ambos grupos no es exactamente la misma proporción, pero no hay una diferencia significativa en dichas variables que afecte el control y la validez interna del experimento.
3. De (1) y (2), podemos concluir que los dos grupos son similares o equivalentes al inicio del experimento en las variables intervinientes consideradas, menos la manipulación del nuevo tratamiento “solución de problemas de química utilizando estrategias de descubrimiento”. De esta manera se puede confiar al comparar los dos tratamientos que las diferencias se deben realmente a la manipulación de la variable independiente y no a los otros factores.
4. Tomando como base de comparación el porcentaje de aprobados de la primera prueba del grupo experimental, respecto de la media aritmética $\bar{Y} = 13$, el rendimiento académico de los alumnos del grupo control tiene el siguiente comportamiento:
 - El 17% (5) de los alumnos aprobó la primera prueba parcial por descubrimiento con una nota mayor o igual a 13 y el 83% (24) no aprobó.

- El 45% (13) de los alumnos ha aprobado la segunda prueba parcial por descubrimiento con una nota mayor o igual a 13 y el 55% (11) no.
 - El 62% (18) de los alumnos ha aprobado la tercera prueba parcial por descubrimiento con una nota mayor o igual a 13 y el 38% (11) no lo hizo.
5. Igualmente, tomando como base de comparación el porcentaje de aprobados de la primera prueba del grupo experimental con respecto de la media aritmética $\bar{Y} = 13$, el rendimiento académico de los alumnos del grupo experimental incluyendo la primera prueba tiene el siguiente comportamiento:
- El 59% (17) de los alumnos aprobó la primera prueba parcial por descubrimiento con una nota mayor o igual a 13 y el 41% (12) no aprobó.
 - El 90% (26) de los alumnos ha aprobado la segunda prueba parcial por descubrimiento con una nota mayor o igual a 13 y el 10% (13) no lo hizo.
 - El 100% (29) de los alumnos ha aprobado la tercera prueba parcial por descubrimiento con una nota mayor o igual a 13.

Sobre la contrastación de las hipótesis

6. Para la primera prueba parcial por descubrimiento $t_c = 3.55 > 2.52 = t_i$, por consiguiente se concluye: Los alumnos que en el proceso de solución de problemas de química utilizan estrategias heurísticas de comprensión y formas de representación alcanzan un mayor rendimiento académico medio que aquellos alumnos que utilizan los procedimientos tradicionales.
7. Para la segunda prueba parcial por descubrimiento $t_c = 2.95 > 2.55 = t_i$, por consiguiente se concluye: Los alumnos que en el proceso de solución de problemas de química utilizan estrategias heurísticas de investigación para relacionar datos e incógnitas y solucionarlo alcanzan un mayor rendimiento académico medio que aquellos alumnos que utilizan las estrategias tradicionales.
8. Para la tercera prueba parcial por descubrimiento $t_c = 5.31 > 2.57 = t_i$, por consiguiente se concluye: Los alumnos que en el proceso de solución de problemas de química utilizan procesos algorítmicos para solucionarlo alcanzan un mayor rendimiento académico medio que aquellos alumnos que utilizan procesos mecanizados.

RECOMENDACIONES

1. Se debe dirigir los esfuerzos a cuestiones e hipótesis de las que se han hecho definiciones operacionales, como la enseñanza de reglas y generalizaciones. El objetivo es potenciar la capacidad de trascender los datos o las especificaciones, lo que comúnmente se denomina transferencia positiva. A partir de esto, se plantea, el siguiente problema: ¿cómo se le pueden enseñar a un estudiante reglas, principios y estrategias para resolver problemas, de manera que se transfieran positivamente a nuevos problemas o se manifieste economía en el aprendizaje posterior?
2. Otra conjetura interesante para investigar es la siguiente: existe una interacción entre la especificidad de la información que se proporciona a los estudiantes y la cantidad de transferencia que se obtiene. Es bueno determinar hasta que punto, los métodos que producen transferencia pueden resultar lentos para enseñar algoritmos complejos.
3. Habría que investigar si la conceptualización del aprendizaje por descubrimiento, como problema de la enseñanza de regla y principios, es más fructífera en la investigación que la hipótesis del descubrimiento: si el aprendizaje por descubrimiento tendrá la misma efectividad que otros tratamientos, para producir aprendizaje por descubrimiento. En otras palabras, ¿es importante la práctica como variable independiente? El campo del aprendizaje de reglas y principios está abierto y listo para investigaciones creadoras, teóricas y empíricas llevadas en las mismas aulas.
4. Con respecto a las investigaciones realizadas acerca de la enseñanza inductiva aún no empieza a dar las respuestas necesarias para hacer recomendaciones firmes a las instituciones educativas. Se recomienda que se lleven al cabo experimentos más complejos, planeados en direcciones distintas a las de las investigaciones publicadas hasta ahora. Debe, asimismo, examinarse una interacción múltiple: la de la materia de estudio, la clase de enseñanza, el tiempo de enseñanza, el tipo de alumno y el resultado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Amegan, Samuel. (1993). **Para una pedagogía activa y creativa**. México: Trillas.
2. Arista M. L., Gildomero. (1974). **Aprendamos a aprender**. Lima: Talleres gráficos Covorr Humboldt.
3. Ausubel, David P. et al. (1983). **Psicología educativa, un punto de vista cognoscitivo**. México: Trillas.
4. Biehler, Robert. (1992). **Psicología aplicada a la enseñanza**. Madrid, España: Limusa.
5. Beltrán A. Jesús; Bermejo, V; Prieto, M. y Vence David (1992). **Intervención psicológica**. Madrid, España: Pirámide.
6. Bloom, Benjamín S.; Hasting, J. Thomas y Madaus, George F. (1967). **Evaluación del aprendizaje**. Buenos Aires, Argentina: Troquel.
7. Blumenfeld, Walter. (1967). **Psicología del aprendizaje**. Un libro para maestros y estudiantes. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
8. Bruner, J. S. (1978). **El proceso mental en el aprendizaje**. Madrid, España: Nancea.
9. Carretero, Mario. (1993). **Constructivismo y educación**. Buenos Aires, Argentina: Aique.
10. Casanova, M. A. (1999). **Manual de evaluación educativa**. Madrid, España: La Muralla.
11. Castañeda Yañez, Margarita. (1975). **Análisis del aprendizaje de conceptos y procedimientos**. México: Trillas.
12. Clifford, Margaret. (1983). **Enciclopedia práctica de la pedagogía: aprendizaje y enseñanza**. Barcelona, España: Océano Éxito.
13. Coll, César et al. **El constructivismo en el aula** (Barcelona: Editorial Grao, 1993).

14. Daval, Simone, y Guillemain, B. (1964). **Filosofía de las ciencias**. Buenos Aires, Argentina: El Ateneo.
15. Fesquet, Alberto. (1974). **El laboratorio escolar**. Buenos Aires, Argentina: Kapeluz.
16. Kant I. (1784). **Filosofía de la historia**. Buenos Aires, Argentina: Nova.
17. Logan M., Lilian y Logan G., Virgel. (1980). **Estrategias para una enseñanza creativa**. Barcelona, España: Oikos-tau.
18. Lloyd R., Peterson. (1986). **Aprendizaje**. México: Trillas.
19. Marx, Juan. (1978). **Teorías cognoscitivas del aprendizaje**. Madrid, España: Anaya.
20. Meherens, W. A. y Lehmann, I. J. (1973). **Medición y evaluación en la educación y la psicología**. México: CECSA.
21. Ministerio de Educación y Ciencia (2002). Escuelas infantiles de Rieggio Emilia (Italia). Traductor Inés Marichalar. Madrid, España: Colección Educación Infantil y Primaria.
22. Moreno, Salvador. (1993). **Guía del aprendizaje participativo**. México: Trillas.
23. Morine, Harold. (1978). **El descubrimiento: un desafío para los profesores**. Madrid, España: Santillana.
24. Osborne, Roger y Freyberg, Peter. (1991). **El aprendizaje de las ciencias. Implicaciones de la ciencia de los alumnos**. Madrid, España: NARCIA.
25. Piaget, Jean. (1983). **Fundamentos científicos para la educación del mañana**. Lima, Perú: PRONAMEC-INIDE.
26. Piaget, Jean. (1997). **Estudios de psicología genética**. España: Ediciones corregidor.
27. Pozo, J. I. (1989). **Teorías cognitivas del aprendizaje**. Madrid, España: Morata.
28. Shulman, Lee y Keislar, Evan. (1974). **Aprendizaje por descubrimiento**. México: Trillas.
29. Vigotsky, David P. et al. (1983). **Psicología educativa, un punto de vista cognoscitivo**. México: Trillas.
30. Shulman, L. S. & Keislar E. R. (1974). **Aprendizaje por descubrimiento, evaluación crítica**. México: Trillas.

31. Simon, H. A. y Newell, A. (1964). **Information processing in computer and man.** Amer. Scientist
32. Bruner, J. S. (1961). **El acto de descubrimiento.** Cambridge: Harvard educ. Rev.
33. Bruner, J. S. (1959). **Pensamiento y lenguaje.** Cambridge: Harvard educ. Rev.
34. Suchman, J. R. (1961). **Entrenamiento de investigación: Habilidades de construcción para el descubrimiento autónomo.** Merrill-Palmer Quart. Behav.
35. Campbell, J. A. (1964). **Estudio de la química – una aproximación a la química basada en experimentos.** En la obra de R. W. Heath, Nuevo currículo. Nueva York: Harper and Row
36. Montessori, María. (1937). **El método de la pedagogía científica.** Barcelona: Araluce.
37. Dewey J. (1989). **Cómo pensamos.** Barcelona: Paidós.

REVISTAS

1. Reinhardt Tausch. (1984) **¿Cómo Puedo llegar a ser un profesor que facilite el aprendizaje personal y temático de los alumnos?** En: Educación. Editada por el instituto de colaboración científica “TUBINGEN” N° 29, V. 29 p. 117.
2. Bravo Valdivieso. (1993) **¿Qué hacer con los alumnos de aprendizaje lento?** En: Revista de problemas de aprendizaje. Directora: Miriam Narvaez Rivera. Ediciones: Libro Amigo “Colegio Palestra” N° 1, p. 19.
3. Salazar Ríos, Luís. (1959). **Hacia una educación científica y experimental.** En: La revista de la Educación “Órgano de dirección de educación; orientación pedagógica, N° 1, p. 42.
4. Bianchi, Ariel E. (1984). **El pensamiento creador.** En: Revista del Instituto de investigaciones educativas. Director: Luis Jorge Zanotti. Recopilación referente a investigaciones en el dominio del pensamiento creador. Julio, N° 46.
5. Michael, Engelhardt. (1979). **Problemas de la motivación para el aprendizaje** En: Educación. Colección semestral de aportaciones alemanas en las ciencias pedagógicas. Editado por el instituto de colaboración científica en cooperación con la comisión de

investigación educativa, V. 20, p. 59.

6. Tricarico, Hugo. (1984). **Aprendizaje significativo en ciencias**. En: Revista del Instituto de investigación educativa. Director: Luís Jorge Zanotti. Sección: Año 10, marzo, N° 44.
7. Marín, Ricardo. (1980). **La creatividad desde el ángulo de la educación comparada**. En: Revista del Instituto de investigaciones educativas. Director: Luis Jorge Zanotti, Año 6, marzo, N° 25, p. 51.
8. Ocerin Reynaldo. (1983). **La didáctica experimental**. En: Revista de investigaciones educativas. Director: Luis Jorge Zanotti. Año 9, setiembre, N°42, p. 85.
9. Regini Horacio. (1984). **Alas para la mente**. Ediciones Galápagos, Bs. As., 1982. En: Revista del instituto de investigaciones educativas. Marzo, N° 44, p. 85.
10. Regini Horacio. (1983). **Revisión del aprender y del enseñar**. En: Revista del Instituto de investigaciones educativas. Director: Luis Jorge Zanotti. Patrocinado por la fundación para el avance de la educación. Año 9, noviembre.

ANEXOS

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

PRUEBA DE ENTRADA PARA EL NUEVO TRATAMIENTO

I. DATOS INFORMATIVOS

Apellidos y nombres:.....

Edad:..... Sexo:.....

País:..... Padre vive SI/NO.....

Madre vive SI/NO:..... Escolaridad de la
madre:.....

II. ESTRATEGIAS POR DESCUBRIMIENTO

La presente prueba tiene el propósito de obtener información sobre la aplicación de estrategias por descubrimiento que puede realizar el alumno en la solución de problemas de química. En cada espacio resuelve el problema según la estrategia o proceso mental que tú decidas. Que tengas éxitos y muchas gracias por tu participación.

A. REPRESENTACIÓN EXTERNA

1. Convencionalismo

Cómo representas:

a. La unidad de base de la cantidad de sustancia.....

b. El núcleo del átomo del cloro.....

- c. Al grupo denominado elementos de transición.....
- d. El número cuántico secundario o azimutal.....

2. Gráficas y dibujos

- a. Elaborar un esquema del sistema periódico (tabla) marcando grupos y períodos.

- b. Representar gráficamente la configuración electrónica del neón sabiendo $Z=10$.

- c. Visualizar gráficamente el intercambio de valencias entre el aluminio y el oxígeno para formular el óxido respectivo.

- d. Representar gráficamente la ley de las relaciones semillas para formar dos volúmenes de agua.

3. Representación tabular

- a. Completa el siguiente cuadro

Características	Sólido	Líquido	Gas
Forma			
Volumen			
Cohesión			
Repulsión			

- b. Analiza la siguiente tabla y completa

Nivel	Orbitales				Total de orbitales	Total de electrones
	s	p	d	f		

B. ESTRATEGIAS DE INVESTIGACIÓN**1. Ensayo y error**

- a. ¿Cuál es la fórmula molecular del compuesto que combina los elementos S y O si se sabe que su masa molar aproximada es de 64 g y se han usado 3 moles de átomos
- b. Una persona ha comprado cojines de alcohol etílico y de aceite de semilla de algodón de 50 y 100 mL respectivamente. Ha comprado 6 cojines cuya masa total es 440 g ¿Cuántos cojines de cada líquido ha comprado? (la densidad del alcohol etílico es 0.8 g/mL y del aceite de algodón 0.9 g/mL).

2. 2. Fraccionamiento

- a. Si un elemento “A” pertenece al 4º período y grupo II A y un elemento “B” posee carga nuclear igual a siete, ¿cuál es la notación Lewis del compuesto que forman?
- b. ¿Cuántas moléculas y cuántos moles hay en 14×10^{-6} gramos de cloro?

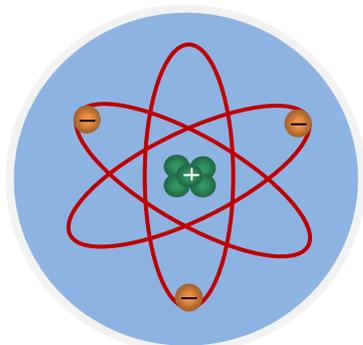
3. 3. Aproximación

- a. Hallar el número de neutrones de un elemento que tiene 6 electrones en su 5º nivel y su número másico es 126.
- b. Se han recogido 2 litros de gas nitrógeno a 25°C y 710 mm Hg ¿Cuál será el volumen en condiciones normales?

4. 4. Pregunta problema

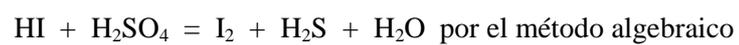
- a. ¿Cómo conseguirías echar en una fiola 50 ml de alcohol si sólo dispone de dos botellas de boca ancha de 100 ml y 75 ml?

- b. ¿Qué problema presenta el modelo de Rutherford?



C. PROCESOS ALGORÍTMICOS

- a. Ajustar la reacción química



- b. Determinar la fórmula molecular de un compuesto que contiene 20% de hidrógeno y 80% de carbono. El peso molecular es 30.

PRIMERA PRUEBA POR DESCUBRIMIENTO

(Comprensión y representación de problemas)

Apellidos y nombres:.....Nota:

En el proceso de solución de los siguientes problemas utiliza la estrategia de representación indicada en los subtítulos:

5) Representación interna.

1. En 85 Kilogramos de sal, ¿cuántos decagramos equivalen?

Objetivo o resultado:.....

Situación inicial:.....

Operadores:.....

Condiciones restrictivas de los operadores:.....

6) Representación externa

2. Convencionalismo

- a. Representar simbólicamente los niveles de energía de un átomo

Con letras	
Con números	

- b. Representar simbólicamente los subniveles de energía de un átomo

Con letras	
Con números	

4. Representaciones tabulares

- a. Encontrar la valencia del azufre en el ácido sulfúrico H_2SO_4

H_2	S	O_4

- b. Determinar la valencia del carbono en el carbonato del calcio CaCO_3

Ca	C	O_3

5. Ecuaciones

- a. Determinar el número de neutrones del elemento 20 cuyo peso atómico es 40.

- b. Indique el número de neutrones del elemento 25 cuyo peso atómico es 55.

SEGUNDA PRUEBA POR DESCUBRIMIENTO**(Estrategias de investigación)**

Apellidos y nombres:.....Nota:

En el proceso de solución de los siguientes problemas utiliza las estrategias heurísticas o de investigación indicada en los subtítulos:

1. Ensayo y error

¿Cuál es la fórmula molecular del compuesto que combina C e H si se sabe que su masa molar aproximada es de 42 g y se han usado 9 moles de átomos?

2. Fraccionamiento

¿Cuántos litros de solución de ácido al 25% deben añadirse a 80 litros de solución al 40%, para obtener una solución que tenga el 30% de ácido?

3. Aproximación

¿Cuál es la densidad de una bola de acero la cual tiene un diámetro de 0.750 cm y masa 1.765 g?

4. Simplificación

Hallar el kernel del litio sabiendo que $Z=3$

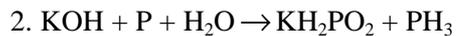
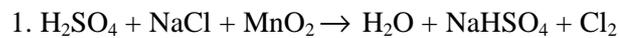
TERCERA PRUEBA POR DESCUBRIMIENTO**(Estrategias algorítmicas)**

Apellidos y nombres:.....Nota:

En el proceso de solución de los siguientes problemas utiliza las estrategias algorítmicas indicadas en los subtítulos:

Método de los coeficientes indeterminados

Balancear las siguientes ecuaciones

**Método del factor rótulo**

3. Un atleta que corre los 100 metros planos en 11.0 s, ¿a qué velocidad está corriendo en kilómetros por hora?

El jugador de baloncesto Shaquille O' Neal pesa 141 Kg, ¿Cuál es su peso (masa) en mg?

HOJA RESUMEN DE LA INFORMACIÓN DE LA PRUEBA DIAGNÓSTICO

Nro	Grupo control				Grupo experimental			
	Comprensión Representación	Estrategias de investigación	Procesos algorítmicos	Total	Comprensión Representación	Estrategias de investigación	Procesos algorítmicos	Total
1	4.5	2	3.5	10	2.5	2	3.5	08
2	4.5	2	2.5	09	4.5	3	3.5	11
3	5	5	2	12	5	3	6	14
4	4.5	5	1.5	11	3.5	2	1.5	07
5	4	4	1	09	4	3	1	08
6	4.5	2	1.5	08	4.5	3	1.5	09
7	5	1	0	06	5	5	1	11
8	5	6	1	12	5	6	4	15
9	5	8	5	18	4.5	3	3.5	11
10	4.5	8	3.5	16	4.5	4	0.5	09
11	5	4	1	10	5	4	0	09
12	4	3	1	08	4	2	0	06
13	4	7	3	14	4	2	1	07
14	4	2	1	07	5	3	1	09
15	4.5	4	1.5	10	4.5	2	0.5	07
16	3.5	4	0.5	08	4.5	4	0.5	09
17	3.5	3	2.5	09	3.5	3	3.5	10
18	5	6	1	12	5	8	5	18
19	2	2	2	06	2	2	2	06
20	4	5	2	11	4	2	2	08
21	4.5	4	0.5	09	3.5	2	0.5	07
22	2.5	3	0.5	06	4.5	4	0.5	09
23	4	3	1	08	4	3	5	12
24	3.5	2	1.5	07	3.5	3	1.5	08
25	4	4	0	08	4	2	0	06
26	4	3	1	08	5	4	3	12
27	4	5	1	10	4	3	1	08
28	3	3	1	07	5	6	1	12
29	4	5	0	09	4	6	0	10

**HOJA DE RESUMEN DE LA INFORMACIÓN DE LAS PRUEBAS BAJO EL NUEVO
TRATAMIENTO**

U.A. N°	GRUPO CONTROL			GRUPO EXPERIMENTAL		
	P1 Desc.	P2 Desc.	P3 Desc.	P1 Desc.	P2 Desc.	P3 Desc.
1	11	11	12	14	16	18
2	13	15	14	13	15	17
3	12	13	13	12	14	17
4	12	14	15	13	15	17
5	13	12	13	12	14	16
6	12	13	15	13	15	17
7	13	12	13	10	12	14
8	11	11	11	14	16	18
9	13	14	16	17	19	20
10	12	14	15	15	17	19
11	12	13	15	13	15	17
12	11	11	13	11	13	15
13	11	11	12	16	18	20
14	10	10	11	16	18	19
15	10	10	11	14	16	18
16	9	9	10	11	13	16
17	9	9	10	15	17	19
18	11	11	12	11	13	15
19	12	14	16	14	16	18
20	11	12	13	13	15	17
21	12	13	15	15	17	19
22	10	10	11	11	13	15
23	12	13	15	14	16	18
24	11	11	12	12	14	16
25	12	13	13	12	14	16
26	11	12	13	13	15	17
27	12	13	15	10	12	15
28	13	16	17	9	11	14
29	11	12	13	12	14	16

INTERVALO DE CONFIANZA PARA LA DIFERENCIA DE MEDIAS DE CADA EVALUACIÓN APRECIADA EN LAS SECCIONES A Y B

Primera prueba parcial por descubrimiento de las secciones A y B

Así el intervalo de confianza se obtiene por

$$P(-t_\alpha < t < t_\alpha) = 1 - \alpha$$

$$P\left[-t_\alpha < \frac{\Delta\bar{x} - \Delta\mu}{\hat{\sigma} \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}}} < t_\alpha\right] = 1 - \alpha$$

$$P\left[\Delta\bar{x} - t_\alpha \cdot \hat{\sigma} \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}} < \Delta\mu < \Delta\bar{x} + t_\alpha \cdot \hat{\sigma} \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}}\right] = 1 - \alpha$$

($\Delta\bar{x} = \bar{x}_1 - \bar{x}_2$ y $\Delta\mu = \mu_1 - \mu_2$) y el intervalo de confianza del 100(1- α) por ciento viene a ser.

$$\Delta\bar{x} - t_\alpha \cdot \hat{\sigma} \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}} < \Delta\mu < \Delta\bar{x} + t_\alpha \cdot \hat{\sigma} \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}}$$

$$\Delta\bar{x} \pm t_\alpha \cdot \hat{\sigma} \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}} = 2.4 \pm (2.83) \sqrt{2.62} \sqrt{\frac{21}{110}}$$

$$= 2.4 \pm (2.83)(1.618641406)(0.436931447)$$

$$= 2.4 \pm (2.83)(0.707235332)$$

$$= 2.4 \pm 2.001475992$$

$$= 2.4 \pm 2$$

$$\acute{o} \quad 0.4 \leq \Delta\mu \leq 4.4$$

Así las probabilidades son 99 entre 100 de que la verdadera diferencia en el rendimiento académico medio del primer examen parcial por descubrimiento entre los alumnos de las secciones A y B varía de 0.4 a 4.4.

Segunda prueba parcial por descubrimiento de las secciones A y B

$$\begin{aligned} \Delta\bar{x} \pm t_{\alpha} \cdot \hat{\sigma} \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}} &= 2.6 \pm (2.88) \sqrt{3.89} \sqrt{\frac{20}{100}} \\ &= 2.6 \pm (2.88)(1.972308292)(0.447213595) \\ &= 2.6 \pm (2.88)(0.882043082) \\ &= 2.6 \pm 2.540284078 \\ &= 2.6 \pm 2.5 \end{aligned}$$

Así, el intervalo de confianza para la diferencia de medias del segundo examen parcial por descubrimiento de las secciones A y B es

$$0.1 \leq \Delta\mu \leq 5.1$$

Tercera prueba parcial por descubrimiento de las secciones A y B

$$\begin{aligned} \Delta\bar{x} \pm t_{\alpha} \cdot \hat{\sigma} \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}} &= 3.6 \pm (2.90) \sqrt{2.18} \sqrt{\frac{19}{90}} \\ &= 3.6 \pm (2.90)(1.476482306)(0.459468291) \\ &= 3.6 \pm (2.90)(0.678396802) \\ &= 3.6 \pm 1.967350728 \\ &= 3.6 \pm 1.9 \end{aligned}$$

Así, el intervalo de confianza para la diferencia de medias de 99 por 100 es

$$1.7 \leq \Delta\mu \leq 5.5$$

RESUMEN DE LOS INTERVALOS DE CONFIANZA PARA LA DIFERENCIA DE MEDIAS DE LAS PRUEBAS APLICADAS CON UNA PROBABILIDAD DEL 0.99

Examen	Intervalo $\Delta\mu$
1° prueba parcial por descubrimiento	$0.4 \leq \Delta\mu \leq 4.4$
2° prueba parcial por descubrimiento	$0.1 \leq \Delta\mu \leq 5.1$
3° prueba parcial por descubrimiento	$1.7 \leq \Delta\mu \leq 5.5$
