UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

ENSEÑANZA DEL CONCEPTO MOL A TRAVÉS DE ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS EN EL GRADO DÉCIMO DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAN LORENZO DE ABURRÁ

ANDRÉS FELIPE LALINDE OSORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS
MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
MEDELLÍN, COLOMBIA
2012

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

ENSEÑANZA DEL CONCEPTO MOL A TRAVÉS DE ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS EN EL GRADO DÉCIMO DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAN LORENZO DE ABURRÁ

ANDRÉS FELIPE LALINDE OSORIO

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de

Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director:
Dr(c) , LUIS FERNANDO MORENO ARIZA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS
MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
MEDELLÍN, COLOMBIA
2012

Acabo de escribir infinita. No he interpolado ese adjetivo por una costumbre retórica; digo que no es ilógico pensar que el mundo es infinito. Quienes lo juzgan limitado, postulan que en lugares remotos los corredores y escaleras y hexágonos pueden inconcebiblemente cesar, lo cual es absurdo. Quienes la imaginan sin límites, olvidan que los tiene el número posible de libros. Yo me atrevo a insinuar esta solución del antiguo problema: La biblioteca es ilimitada y periódica. Si un eterno viajero la atravesara en cualquier dirección, comprobaría al cabo de los siglos que los mismos volúmenes se repiten en el mismo desorden (que, repetido, sería un orden: el Orden). Mi soledad se alegra con esa elegante esperanza.

La biblioteca de Babel, J.L Borges

Resumen

Este trabajo radica en el desarrollo de una propuesta de enseñanza y aprendizaje en el aula para la comprensión del concepto de mol, basada en la teoría de aprendizaje significativo de Ausubel, los ciclos de aprendizaje de Jorba y Sanmartí, los mapas conceptuales de Novak y el pensamiento análogo.

La investigación se realizó en tres grupos del grado décimo de la Institución Educativa San Lorenzo de Aburrá, por medio de un estudio semicuantitativo para evaluar los resultados de la aplicación de una serie de unidades didácticas, desde la perspectiva del aprendizaje significativo.

Palabras clave: Aprendizaje significativo, concepto de mol, mapas conceptuales, ciclos de aprendizaje, analogías.

Abstract

This work is the development of a proposed teaching and learning in the classroom for understanding the mole concept, based on the theory of meaningful learning of Ausubel, learning cycles Jorba y Sanmartí, Novak's concept maps and similar thought.

The research was conducted in three groups of tenth grade of Institución Educativa San Lorenzo de Aburrá, through a qualitative study to evaluate the results of applying a series of lesson plans from the perspective of meaningful learning.

Keywords: Meaningful learning, mole concept, conceptual maps, learning cycles, analogies.

Contenido

Pág

Resumen…… V

Lista de figuras……...VIII

Lista de tablas…… IX

Introducción…… ...11

1. Planteamiento del Problema…….. 13

2. Contexto institucional……15

3. Justificación……... 17

4. Objetivos…… 19

4.1. Objetivo General…… 19

4.2. Objetivos específicos…… 19

5. Antecedentes…… .21

6. Marco teórico…… 23

6.1. Aprendizaje significativo…… 23

6.2. Tipos de aprendizaje significativo……..24

6.3. Estructura jerárquica……25

6.4. Ciclos de aprendizaje…… 26

6.5. Mapas conceptuales……28

6.6. Analogías…….. 29

7. Metodología……35

8. Resultados y Análisis……39

9. Conclusiones…… 79

10. Recomendaciones……..... 81

A. Anexo: Cuestionario pre y postconceptos…… 82

B. Anexo: Guía ¡Cuéntame un montón!.....84

C. Anexo: Guía ¡Detrás del ajedrez se esconde un gran número!.....88

Bibliografía……96

Lista de figuras

Pág
Figura 1: Ciclo de aprendizaje Jorba y Sanmartí 26
Figura 2: Fusión del ciclo de aprendizaje de Jorba y Sanmartí y la teoría de aprendizaje significativo de Ausubel ……. 28
Figura 3: Estructura de la analogía ……30
Figura 4: Cuestionario de preconceptos KPSI elaborado por Astrid Betancur del grupo10º1…….....42
Figura 5: ¡Número ganador para hoy!, grupo 10º1 …… 47
Figura 6: ¡Número ganador para hoy!, grupo 10º2 ……48
Figura 7: ¡Número ganador para hoy!, grupo 10º3 ……49
Figura 8: Resultado ¡Detrás del ajedrez se esconde un gran número! por Sara Álvarez 10º3 …… 54
Figura 9: ¡Resultado detrás del ajedrez se esconde un gran número! por Sara Álvarez 10º3 ……..55
Figura 10: Resultado cuestionario. Detrás del ajedrez se esconde un gran número! Por Sara Álvarez 10º3…….. 57
Figura 11: Resultado cuéntame un montón por el equipo Número 1 del grupo 10º3 …… 63
Figura 12: Cuestionario de postconceptos elaborado por Astrid Betancur del grupo 10º3……...71
Figura 13: Mapa conceptual que presenta la jerarquía del concepto de mol con iteración de ideas. Elaborado por Leidy Johana Marín Árias (grupo10º3), adaptado en CmapsTools…… 72
Figura 14: Mapa conceptual con conceptos errados, elaborado por Sara Álvarez Sampedro (grupo 10º3), adaptado en CmapsTools ……..73
Figura 15: Mapa conceptual elaborado por Mayerlin Zapata Grupo 10º3 ..74
Figura 16: 15 Mapa conceptual elaborado por Andrés Patiño Cataño del grado 10º2 ……..75
Figura 17: Mapa conceptual de la teoría de aprendizaje significativo realizado en CmapsTools por Lalinde y Marín(2012)…… 77

Lista de tablas

Pág

Tabla 1: Distribución de los grupos a estudiar …….. 15

Tabla 2: Cuestionario de preconceptos……40

Tabla 3: La grandeza de lo pequeño 10º1……. 43

Tabla 4: La grandeza de lo pequeño 10º2 ……. 44

Tabla 5: La grandeza de lo pequeño 10º3……. 45

Tabla 6: Resultados pregunta 3. ¡Cuéntame un montón!.....62

Tabla 7: Cuestionario de posconceptos……. 69

Introducción

En las ciencias naturales es imprescindible la medición de diferentes cantidades, principalmente se usan las magnitudes físicas, las cuales se dividen en fundamentales y derivadas. La masa, la longitud, el volumen y el tiempo son las principales magnitudes y se utilizan de forma cotidiana (Reboiras, 2006). Empero existen otras magnitudes como la cantidad de sustancia, que se refiere al número de partículas presentes en una muestra, éstas partículas pueden ser átomos, moléculas, iones o electrones y su unidad es mol.

Entre los estudiantes de secundaria existen obstáculos epistemológicos a la hora de abordar conceptos en ciencias (Bacherald, 1981), la comprensión del concepto de mol es uno de ellos, debido a la complejidad de llevar éste a las prácticas experimentales y de relacionarlo con ejemplos cotidianos. Además la forma de impartir éste concepto por parte de los educadores se ha limitado a elementos teóricos y muchas veces erróneos, la cantidad de sustancia suele considerarse como una magnitud de masa o como la cantidad de unidades químicas, ignorando su importancia en el conteo de partículas fundamentales (Furió et al ,2000)

Los estudiantes no poseen una visión convergente del mundo microscópico con el macroscópico y los principales errores conceptuales se basan en la confusión de la masa molecular y la masa molar y los toman indistintamente (Furió et al, 1993). Además de valores fundamentales como el número o constante de Avogadro, que se refiere a la cantidad de partículas que existe en cualquier mol de sustancia y equivale a $6{,}02214179 \times 10^{23}$ partículas, de allí surgen una serie de preguntas: Si las sustancias tienen diferente masa molar, ¿Por qué tiene la misma cantidad de partículas? ¿Cómo se puede comprobar ésta cantidad inconmensurable?

Existen varias investigaciones que han dado respuesta a éstos interrogantes, y de forma didáctica han tratado de incursionar en la educación con estrategias para la comprensión del concepto de mol y su

contextualización, por mencionar algunos, tenemos: Dierks, 1981;Lazonby J,1985; Azcona R,1997 y Furió et al, 2002

De esta forma, surge la necesidad de crear estrategias alternativas a las expuestas por los autores anteriores, que lleven al estudiante a tener un aprendizaje significativo y que lo puedan aplicar a casos cotidianos y contextualizados. Además de tener un mejor manejo en temas posteriores, como es el caso de los cálculos estequiométricos y las unidades de concentración de las soluciones.

La enseñanza de las ciencias requiere de modelos constructivistas, los cuales permiten que los estudiantes logren un aprendizaje significativo a partir de los conocimientos previos que poseen, no sólo en el área de química, sino que lo relacionen con otras áreas del conocimiento como es el caso de la matemática (Moreira,2000).

La propuesta de investigación para la comprensión del concepto de mol recopila las principales teorías del constructivismo, como es el caso del aprendizaje significativo (Ausubel,1980), los mapas conceptuales (Novak,1988), y los ciclos de aprendizaje (Jorba y Sanmartí,1994).

1. Planteamiento del problema

La problemática que atiende esta investigación consiste en una reflexión sobre cómo se está impartiendo el concepto de mol en las aulas de clase. Es cierto que los procesos de enseñanza y aprendizaje se someten a las políticas del Ministerio de Educación Nacional con los estándares y el currículo, y éstos dejan poco espacio para intervenciones en el aula que permiten al estudiante aprehender un determinado concepto de forma significativa.

Los docentes se encuentran en la disyuntiva de abordar una serie de contenidos los cuales serán evaluados en las pruebas externas, es decir, pruebas SABER o trabajar con los estudiantes en estrategias didácticas que permitan fortalecer los diferentes conceptos.

Esta intervención permite que los estudiantes desarrollen una mejor interpretación del concepto de mol, además de aplicarlo a temas posteriores como las reacciones químicas, la estequiometria y las soluciones. Además de comprender contenidos antes vistos, como es el caso de las magnitudes físicas (masa, volumen, densidad) y la ley periódica (masa atómica, masa molecular, masa molar). El aprendizaje será relevante para el estudiante porque entrelaza los temas y los aplica a su contexto, e igualmente permite afianzar sus conocimientos.

El concepto de mol es el más importante para los estudiantes de primeros cursos de química en la educación secundaria y que su comprensión es requisito necesario para resolver problemas de estequiometría (Kolb, 1978).

2. Contexto institucional

Los referentes teóricos desarrollados en este trabajo hacen parte de la propuesta que se desarrollará en la Institución Educativa San Lorenzo de Aburrá, establecimiento de carácter público y de personal mixto. Ubicado en la comuna 3, barrio Manrique Santa Inés, la mayoría de la población se encuentra en los estratos 1 y 2.

La institución presenta todos los grados de escolaridad, es decir, desde preescolar hasta la media. Dispone de dos sedes, una para primaria y otra para el bachillerato, posee alrededor de 1200 estudiantes, distribuidos en confortables aulas de clase, además cuenta con 2 salas de cómputo, laboratorio de física, química y biología. Se encuentra vinculado al programa de Medellín digital lo que permite realizar un trabajo con el uso de las TICs como herramienta de aprendizaje.

La población con la que se abordará el estudio son los estudiantes del grado décimo, con edades entre los 15 y 18 años, en el tercer período académico, específicamente en el tema de unidades químicas, introductorio a la estequiometría, que se encuentra entre los estándares establecidos por el Ministerio de Educación Nacional.

El grado décimo consta de tres grupos (10º1, 10º2 y 10º3), los cuales se distribuyen como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1 Distribución de los grupos a estudiar

Grupo	Hombres	Mujeres	Total
10º1	12	15	27
10º2	14	20	34
10º3	15	19	34
Total	41	54	95

3. Justificación

El concepto de mol es muy importante en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la química, en el cual se ven involucrados otras concepciones que sí el estudiante no tiene claras a la hora de abordarlo, resultará compleja su comprensión. Éste concepto se ha impartido de forma memorística y no significativa, lo cual hace que los educandos no lo comprendan.

La propuesta de investigación permite relacionar una serie de estrategias didácticas en la enseñanza del concepto de mol que posibiliten al estudiante aprender de forma significativa.

¿Por qué aprendizaje significativo?

Se utilizan las herramientas asociadas a la teoria del aprendizaje significativo, porque son aquellas que permiten que el estudiante transforme su estructura cognitiva y relacione los saberes previos con nueva información.

La teoría del aprendizaje significativo tiene un carácter cognitivo y procura explicar los mecanismos internos que ocurren en la mente humana con relación a lo aprendido. Para que ocurra un aprendizaje significativo es fundamental que el alumno tenga en su estructura cognitiva la disponibilidad de conceptos subsumidores, y presente una predisposición positiva para relacionar las nuevas ideas con las relevantes disponibles. El material suministrado tiene que ser potencialmente significativo, las clases elaboradas siguiendo el principio de la diferenciación progresiva y reconciliación integradora de los conceptos (Ausubel,1980).

¿Por qué los mapas conceptuales?

Los mapas conceptuales permiten la jerarquización de redes conceptuales, de esta forma relacionarlos y comprenderlos más fácilmente.

En los mapas conceptuales las relaciones entre los conceptos se pueden cambiar en diferentes etapas del aprendizaje, es decir, cualquier concepto puede elevarse a una posición superior y seguir manteniendo una relación proposicional significativa con los otros conceptos del mapa (Novak, 1988).

¿Por qué ciclos de aprendizaje?

Los ciclos de aprendizaje permiten llevar de forma coherente y ordenada las intervenciones en el aula.

Los ciclos de aprendizaje son una estrategia didáctica utilizada para la enseñanza de las ciencias y la construcción de los conceptos. Es una estrategia que posibilita identificar los estilos y ritmos de aprendizajes de los estudiantes. Además de lo anterior, en cada fase del ciclo se articula la evaluación; facilitando hacer un seguimiento sistemático de observación, registro y resignificación a las acciones y desempeños de los escolares. Este ciclo contempla cuatro fases: Exploración, introducción de nuevos conocimientos, estructuración y aplicación (Jorba y Sanmartí 1994).

¿Por qué analogías?

Siendo el concepto de mol abstracto para los estudiantes, debido a su complejidad, las estructuras análogas sirven como estrategia para la comprensión.

La analogía consiste en establecer un conjunto de relaciones para comparar características semejantes de determinada situación, resulta una buena herramienta para el trabajo de conceptos complejos en ciencias (Fernández, J; 2003).

4.Objetivos

4.1 Objetivo general

Implementar una unidad didáctica que permita la enseñanza del concepto mol, que conlleve a un aprendizaje significativo en los estudiantes del grado décimo de la Institución Educativa San Lorenzo de Aburrá

4.2 Objetivos específicos

- Desarrollar estrategias didácticas para la comprensión del concepto mol.
- Diseñar y desarrollar una secuencia de actividades y experiencias para mejorar la interpretación del concepto mol en el aula de clases.
- Evaluar cualitativamente el impacto del uso de estrategias didácticas en el aprendizaje del concepto de mol.

5.Antecedentes

Debido a la necesidad de incursionar estrategias didácticas en el aula de clase, se han desarrollado numerosos trabajos de investigación que conllevan a un aprendizaje significativo en las ciencias naturales.

Desde el área de química y específicamente en el concepto de mol existen trabajos de carácter constructivista, por ejemplo en España se han desarrollado diversas investigaciones sobre la didáctica del concepto en las aulas de clase. Entre ellas se encuentran: *Enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada (*Furió et al, 2006*)*. Donde el autor plantea un modelo basado en el constructivismo para la comprensión del concepto de mol, además de indagar sobre las dificultades de los estudiantes a la hora de abordar dicho concepto.

Por otra parte Rafael Azcona (1997) en su tesis doctoral: *Análisis crítico de la enseñanza-aprendizaje de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol. Una alternativa didáctica basada en aprendizaje por investigación,* Plantea que las deficiencias conceptuales de los estudiantes son el principal fracaso en la comprensión del concepto mol, proponiendo de ésta forma un modelo de investigación dirigida para solventar dicha problemática.

En el ámbito nacional, la maestría en enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, existen investigaciones sobre la problemática planteada, como es el caso de la monografía realizada por José Wilfredo Aldana (2011), en el cual aborda estrategias para generar el aprendizaje significativo del concepto de mol.

En cuanto a los mapas conceptuales como herramienta del aprendizaje significativo, se han desarrollado un sin número de investigaciones en diferentes áreas del conocimiento. Sin embargo, específicamente referente al concepto de mol Echavarría (2003), toma ésta herramienta para analizar las ventajas en la enseñanza del concepto de mol, en tres momentos del aprendizaje en un grupo de estudiantes de primer semestre universitario.

De igual forma los ciclos de aprendizaje de Jorba y Sanmartí han sido un referente para estructurar las diferentes investigación en el aula, como es el

caso del trabajo realizado por el Grupo de Educación en Ciencias Experimentales y Matemática de La Universidad de Antioquia, presentado por Grajales y González (2009), sobre la aplicación de un modelo para la enseñanza del concepto de ecosistema, donde usan dichos ciclos para aplicar sus actividades en diferentes momentos.

Por último desde la perspectiva de las analogías, éstas son utilizadas en conceptos complejos en todos las áreas del conocimiento, en cuanto al concepto de mol, Constancio Aguirre Pérez(2009*) en su trabajo Analogías para la enseñanza de los conceptos de mol y número de Avogadro*, plantea diferentes analogías comparativas con las magnitudes físicas para entender el concepto de mol.

La propuesta de investigación busca fusionar los diferentes referentes teóricos para proporcionar estrategias de enseñanza y aprendizaje en la comprensión del concepto de mol.

6. Marco teórico

Esta propuesta de trabajo está basada en tres ejes teóricos: La teoría del aprendizaje significativo de Ausubel (1983), los ciclos de aprendizaje de de Jorba y Sanmartí (1994) y los mapas conceptuales de Novak (1988). Además el trabajo con analogías es de suma importancia para el proceso de aprendizaje. Dicha teorías se fusionan para lograr una interrelación no sólo teórica sino aplicable en el campo de las ciencias naturales.

Se toman de cada una de las teorías mencionadas anteriormente, algunos elementos esenciales para transcender en el proceso de aprendizaje.

6.1 Aprendizaje significativo

En la siguiente frase Ausubel resume su teoría del aprendizaje significativo: *"Si tuviese que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, enunciaría éste: de todos los factores que influyen en el aprendizaje, el más importante consiste en lo que alumno ya sabe, Averígüese esto, y enséñese consecuentemente".* (Ausubel, 1983)

Ausubel define *lo que el estudiante sabe*, como la estructura cognitiva previa que se puede relacionar con la nueva información, entiéndase por estructura cognitiva el conjunto de conceptos que posee el individuo en determinado saber, además de su organización.

Un aprendizaje es significativo cuando los contenidos: Son relacionados de modo no arbitrario y sustancial (no al pie de la letra) con lo que el alumno ya sabe. Por relación sustancial y no arbitraria se debe entender que las ideas se relacionan con algún aspecto existente específicamente relevante de la estructura cognitiva del alumno, como una imagen, un símbolo ya significativo, un concepto o una proposición (Ausubel, 1983).

De esta forma en el proceso de enseñanza y aprendizaje de los educandos, es de suma importancia identificar los saberes previos que éstos poseen y así abordar los nuevos conocimientos.

El aprendizaje es significativo cuando la nueva idea se relaciona con un concepto relevante, "subsunsor", que se encuentra previamente en la estructura cognitiva, de ésta forma los nuevos conceptos y proposiciones pueden ser asimilados significativamente sí los subsunsores están bien

definidos y disponibles en la estructura cognitiva y que además funcionen como ideas de anclaje (Rodríguez, 2004)
Para nuestro caso los estudiantes tienen subsunsores en el campo de las magnitudes físicas, es decir, en su estructura cognitiva se encuentran presentes unidades de longitud, tiempo, masa que los pueden relacionar con los nuevos conocimientos sobre las unidades químicas.

Luego de identificar los subsunsores presentes en la estructura cognitiva, el estudiante relaciona la nueva información con el material potencialmente significativo y se pueden establecer los siguientes tipos de aprendizaje.

María Luz Rodríguez Palermo (2004) en su artículo sobre la teoría de aprendizaje significativo desde la psicología cognitiva, plantea de la siguiente forma los tipos de aprendizaje significativo.

6.2. Tipos de aprendizaje significativo

El aprendizaje significativo puede ser representacional, de conceptos y proposicional

6.2.1. Aprendizaje Representacional.

Es el aprendizaje más simple y de él dependen los demás tipo de aprendizaje, consiste en la asimilación de significados con símbolos.

Sobre el aprendizaje representacional Ausubel arguye: Ocurre cuando se igualan en significado símbolos arbitrarios con sus referentes (objetos, eventos, conceptos) y representan para el alumno cualquier significado al que sus referentes aludan (Ausubel, 1983).

Por ejemplo, para un niño el sonido “perro” representa a un perro que él percibe en ese momento, es decir, para el niño el sonido es idéntico al referente.

En nuestro caso se da aprendizaje representacional cuando los estudiantes perciben la palabra “mol” y su símbolo “n”.

6.2.2 Aprendizaje de Conceptos

Tiene una función simbólica que deriva de la relación de equivalencia, que se establece esta vez entre el símbolo y los atributos definitivos o criterios comunes de diferentes ejemplos del referente.

Cuando se incorporan nuevos significados, es decir, se amplía el vocabulario a la estructura semántica, se irán delimitando los atributos definitivos de los conceptos, de ésta forma se constituye el proceso de formación de conceptos.

Siguiendo con el ejemplo anterior, si el niño asimila la onomatopeya “guau-guau” pudo adquirir el aprendizaje de perro, no sólo como palabra sino como concepto al diferenciarlo de otros animales.

En nuestro caso el estudiante comienza a relacionar la palabra mol con el número de Avogadro y tiene no sólo una palabra como tal, sino que lo relaciona con la cantidad de partículas presentes en una cantidad de sustancia.

6.2.3. Aprendizaje Proposicional.

Tiene una función comunicativa de generalización cuyo objeto es aprender ideas expresadas verbalmente con conceptos; maneja por lo tanto, un significado compuesto.

La finalidad es el aprendizaje proposicional es la atribución de significar a las ideas expresadas verbalmente, que son mucho más que la suma de significados compuestos que las componen.

Para el ejemplo del perro, si tenemos la siguiente proposición “El perro es un animal, por lo tanto es un ser vivo”, no se puede comprender éste significado sino se ha aprendido significativamente los conceptos de animal y ser vivo.

Para nuestro caso el estudiante tiene claros los conceptos mol y lo relaciona con el número de Avogadro, entonces puede identificar proposiciones como: Una mol son $6.02x10^{23}$ partículas.

6.3 Estructura jerárquica.

Si se utiliza como criterio la organización jerárquica de la estructura cognitiva, el aprendizaje significativo puede ser subordinado, superordinado o combinatorio (Ausubel,1980).

6.3.1. Aprendizaje subordinado

Sucede cuando la nueva información es asociada con los conocimientos presentes en la estructura cognitiva previa del estudiante, es decir cuando

existe una relación de subordinación entre el nuevo conocimiento y los saberes previos.

6.3.2 Aprendizaje superordinado

Se presenta cuando se incorpora un concepto o una idea que es capaz de subordinar a otras ya existentes en la mente del individuo porque tiene un mayor grado de abstracción y generalidad, resultando más inclusiva. Si un niño adquiere los conceptos de “silla”, “mesa”, “armario”, etc., podrá construir el concepto “mueble” que los subordina a todos; éste puede ser un ejemplo de aprendizaje superordinado (Rodríguez, 2004).

6.3.3 Aprendizaje combinatorio

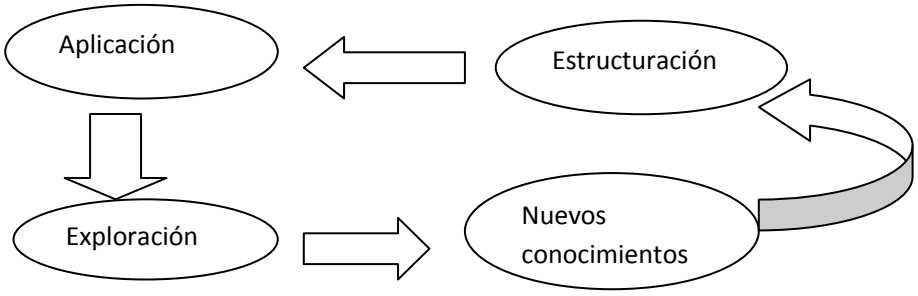
No se dan relaciones de subordinación ni de superordinación, sino que se establecen conexiones con contenidos disponibles en la estructura cognitiva pero sólo de modo general. Se trata de proposiciones que tienen sentido en términos genéricos y que se detectan como significativas, pero sin que puedan ser asimiladas o puedan asimilar otras ideas ya presentes.

Ausubel aporta como ejemplos de este aprendizaje la relación masa/energía, la interacción o relación calor/volumen o, también, la relación precio/demanda.

6.4 Ciclos de aprendizaje

Durante el desarrollo de las unidades didácticas propuestas en el trabajo con los estudiantes, existen unos momentos de aparición de las diferentes actividades, para que éstas sean coherentes con los procesos de aprendizaje, se tienen en cuenta los ciclos de aprendizaje de Jorba y Sanmartí (1996) que permiten dividir las experiencias en cuatro etapas: Fase de exploración, fase de introducción de nuevos conocimientos, fase estructuración y por último una fase de aplicación.(Ver figura 1)

Figura 1. Ciclos de aprendizaje de Jorba y Sanmartí



La fase de exploración potencializa la identificación de los saberes previos o subsunsores, además de realizar una evaluación diagnóstica de los conceptos alrededor de mol, ésta sirve para detectar las falencias y abordar las próximas etapas

Luego, en la fase de introducción de nuevos conocimientos, el estudiante empieza a reconocer los conceptos y relacionarlos con los subsunsores, especialmente se presenta un aprendizaje representacional, es decir, sólo se identifica la palabra mol como una cantidad.

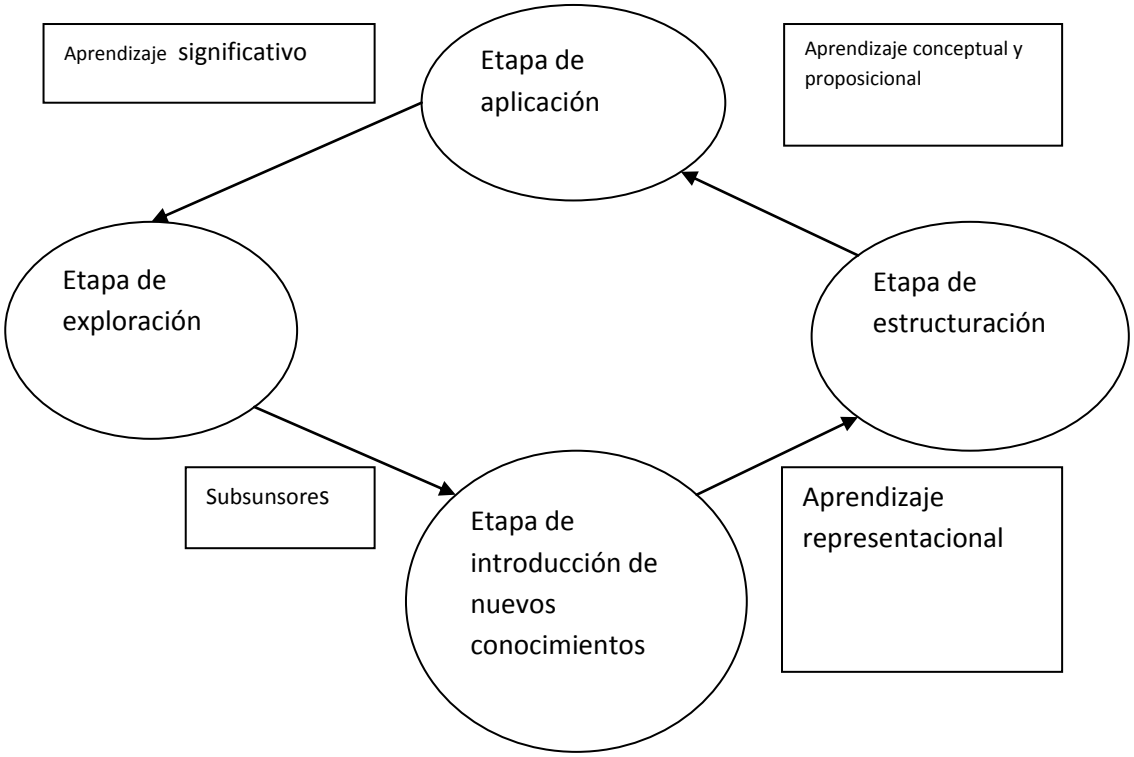
Posteriormente en la fase de estructuración, el estudiante amplía el aprendizaje representacional y lo relaciona con el contexto y con las magnitudes aprendidas, como es el caso de las físicas, llevándolo a adquirir un aprendizaje por conceptos, estableciendo de esta forma una nueva estructura cognitiva.

Por último en la fase de aplicación, el estudiante con la nueva estructura cognitiva pondrá en práctica los conceptos aprendidos y los aplicará a diferentes experiencias, para así determinar sí su aprendizaje resultó significativo. Además permitirá evaluar las deficiencias y fortalezas presentes en el proceso.

Otra de las ventajas del uso de los ciclos de aprendizaje de Jorba y Sanmartí es que se tiene en cuenta la evaluación en cada una de las etapas, vista ésta no como un examen, sino que debe cumplir una función de orientar a los estudiantes y regular los cambios en el proceso de enseñanza y aprendizaje. De esta forma, las unidades didácticas deben favorecer ambientes para que los estudiantes aprendan a evaluar su forma de aprender, a identificar y analizar las dificultades que se les presentan, ya buscar alternativas que les permitan superarlas(Jorba y Sanmartí,1996)

Teniendo en cuenta los elementos del aprendizaje significativo mencionados anteriormente y los ciclos de aprendizaje, se plantea un esquema que articule las dos teorías como se ilustra en la figura 2

Figura 2. Fusión de los ciclos de aprendizaje de Jorba y Sanmartí y la teoría de aprendizaje significativo de Ausubel



6.5 Mapas conceptuales

Basado en la teoría del aprendizaje significativo, se desarrollaron los mapas conceptuales, donde el estudiante puede jerarquizar los conceptos que se encuentran en su estructura cognitiva (Novak,1988).

El mapa conceptual es una herramienta formada por conceptos, los cuales son ligados por palabras o frases simplificadas que los relacionan, formando las proposiciones que evidencian el significado de la relación conceptual. Poseen en general una estructura bidimensional en la que los conceptos más generales quedan en la parte superior de la estructura y los más específicos dispuestos jerárquicamente abajo. (Novak, 1988).

6.6 Analogías

Para abordar la importancia de las analogías en el estudio de un tema de difícil comprensión, se debe definir con antelación el concepto de modelo. El diccionario de la real academia española (2001), define modelo como el esquema teórico, generalmente en forma matemática, de un sistema o de una realidad compleja, como la evolución económica de un país, que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento.

De esta forma en las ciencias se utilizan modelos para comprender mejor la realidad estudiada. Es importante decir que aunque "La ciencia se puede definir como un proceso de construcción de modelos conceptuales de carácter predictivo" (Gilbert, 1991; Jiménez y Sanmartí, 1999;), sólo recientemente se produjo el reconocimiento del valor de su uso en la educación científica (Buckley y Gobert, 2000).

Los estudios donde se involucran modelos en la enseñanza de las ciencias son relativamente recientes, es decir, a principios de éste siglo; en ellos se involucra principalmente la simulación y las analogías, como lo evidencian autores como Kofman (2000), Fernández, González y Moreno(2003) y Greca(2003).

Específicamente en la enseñanza de la química existen investigaciones sobre el uso de modelos y sus dificultades para la comprensión de conceptos complejos para los estudiantes. Entre ellos se encuentran Verdonk (1987), Harrison y Treagust, (1996) y Gilbert(2000).

Los modelos aplicados en las ciencias son muchas abstractos para los estudiantes debido a la complejidad de los conceptos. El modelo analógico responde a la necesidad de modelizar los contenidos en ciencias de una forma que los estudiantes relacionen los conceptos con otros preexistentes en su estructura cognitiva.

6.6.1 Estructura de la analogía.

Son tres los elementos que constituyen la analogía: El análogo, que representa el mensaje o el conocimiento previo, la trama o relación analógica, que son las relaciones que se establecen para comparar características entre el análogo y el tópico. Por último el tópico que se refiere a los conceptos desconocidos que se quiere enseñar (Fernández, et al;2003),en la figura 3 se representa la estructura de la analogía.

Figura 3. Estructura de una analogía

La analogía consiste en establecer un conjunto de relaciones para comparar características semejantes de determinadas partes de la representación de las estructuras del *análogo* y el *tópico*, y permitir mediante dicha comparación la comprensión del *tópico*. (Fernández et al, 2003)

Se realizó un análisis sobre el concepto de mol y el uso de analogías en los textos más utilizados por los docentes de la media académica y se complementó la búsqueda con textos universitarios. Los textos consultados se presentan a continuación.

6.6.2 Uso de analogías en textos escolares

González Gutiérrez et al (2010), hipertexto química 1 de editorial Santillana, es uno de los más utilizados por los docentes de secundaria, dedica una página al concepto de mol y su definición se encuentra de forma somera. Aún se encuentran expresiones como la de átomo-gramo que se encuentran obsoletas y en la parte didáctica de la enseñanza del mol, sólo se muestra una figura donde se comparan los volúmenes ocupados por una mol de sulfato de cobre, una mol de zinc y una mol de cloruro de sodio. El texto carece de analogías sobre el concepto de mol o el número de Avogadro.

En el texto Spin, química 10º (Fernández et al, 1997), se hace una reflexión somera sobre la importancia del concepto de mol, además se hace una breve descripción histórica del número de Avogadro y sólo se relaciona éste con la docena como unidad de medida.

Química 1 de Castelblanco et al (2003) de editorial norma encontramos el concepto de mol en la página 130, hace un análisis un poco más profundo que el texto anterior, hace distinción entre los que es un mol de átomos y un mol de moléculas. Realiza analogías con cantidad de unidades que hay en una docena, una gruesa y una resma, relacionándolas con un mol de átomos de hierro y un mol de moléculas de agua. El texto hace una aclaración de importancia, asegurando que aunque las masas de un mol de

átomos son diferentes tienen la misma cantidad de átomos, es decir, $6.02x10^{23}$.

En el texto Hacía la química (Aubad et al, 1985) le dedican un párrafo (3 líneas)para la definición del concepto de mol, no existe ningún tipo de analogía. Éste libro se centra básicamente en cálculos matemáticos sobre el concepto, aunque el libro no es moderno, es sabido que todavía se utiliza en las aulas de clase. Carece de aspectos didácticos para el proceso de enseñanza y aprendizaje del concepto de mol.

Hola Química (Restrepo et al, 1989), se hace una reflexión más completa sobre el concepto de mol, pese a que la edición consultada no es moderna, posee una analogía bien definida para el aprendizaje de mol. Ésta se basa específicamente en la comparación de los granos de arena presentes en la costa atlántica colombiana con la magnitud del número de Avogadro, en cuanto a la extensión del tema, dedica ocho páginas, relacionando el concepto con los cálculos.

El texto química 1 (Gutiérrez, 1996) se dedica dos párrafos al concepto, no se encuentra ningún tipo de analogías. Exclusivamente se dedica a la definición clásica de mol, planteada por el sistema internacional.

Química y Ambiente (Cárdenas et al, 1995) se trata el concepto de mol en media página. Sólo se encuentra una analogía al comparar la cantidad del mol con una docena, una centena, una gruesa y un par, asegurando que el mol contiene un número de unidades muy grande.

Exploremos la química (Pedrozo et al, 2000), dedica media página al concepto de mol, no existe ningún tipo de analogías , expresa únicamente la definición clásica del mol planteada por el sistema internacional.

En el texto Investiguemos 10º (Gómez et al ,1998) se hace alusión a la etimología de la palabra mol (montón), dedica media página a su definición, empero no existe ningún tipo de analogías.

6.6.3 Uso de analogías en textos Universitarios

A continuación se presenta un análisis de algunos libros universitarios de Química General que se utilizan en las instituciones de educación superior de la ciudad de Medellín .

Química (Daub et al, 1996), hace referencia a dos analogías sobre la magnitud del número de Avogadro. En la primera se presenta el tiempo que tardaría la población mundial, 5600 millones de habitantes para la fecha, en contar chícharos(garbanzos) a razón de dos chícharos por segundo, hasta llegar al número de Avogadro ($6.02x10^{23}$), dando como resultado un tiempo inmenso de 1.7 millones de años. En la segunda se compara el número de Avogadro con los granos de arena en las dunas del desierto, dando como ganador la constante utilizada en química. Además se presentan definiciones interesantes de mol, como “la docena de los químicos”, presenta incluso tres páginas adicionales que plantean ejercicios para la comprensión del concepto.

Química (Timberlake et al,2008), se presentan una serie de analogías referentes a las unidades en las que se comercializan algunos productos, tales como la docena, la gruesa y los paquetes, que de igual al mol contienen una cantidad determinada de unidades.

Química General Superior (Masterton, et al 1989), dedica media página a la explicación del concepto de mol, se encuentran dos analogías referentes a las pesetas como moneda y a los huevos como docena. El resto del capítulo lo dedica directamente a los cálculos relacionados con el concepto.

Química, curso universitario de Mahan (1968) tiene una estructura conceptual de acuerdo a la época, define la mol de acuerdo a la forma clásica del sistema internacional. Hace la distinción entre mol de moléculas y mol de átomos. No presenta analogías, empero es interesante de éste texto que en lo apéndices muestra cómo se ha calculado el número de Avogadro
.
El libro Fundamentos de química (Burns, 2003) realiza un análisis amplio sobre el uso de las unidades químicas relacionándolas de forma coherente con el mol. Le dedica siete páginas a la explicación de este concepto; al igual que la mayoría de textos define el mol de la manera clásica planteada por el sistema internacional. También presenta una serie de cuadros comparativos y explicativos sobre la interpretación del concepto de mol, relacionándolo con la fórmula del compuesto. De igual forma presenta una

analogía interesante para la comprensión de la magnitud del número de Avogadro comparándolo con objetos cotidianos como canicas y guisantes, éstos facilitan la comprensión del concepto de mol.

En el libro Química, La Ciencia Básica (Reboiras, 2006) se presenta una descripción completa e interesante del concepto de mol, dedica cuatro páginas para su explicación donde se hace una integración de una manera muy didáctica la parte numérica con la conceptual; además vale la pena resaltar las llamativas analogías que presenta el texto, las cuales sirvieron como complemento para el trabajo realizado en esta propuesta. A continuación se citan textualmente algunas de ellas, se considera relevante que los docentes de la media hagan uso de las mismas.

Tiempo: Si en el momento en que creemos que se formó la tierra, hace 4500 millones de años, se hubiese dispuesto de una mol de euros, y desde entonces fueran desapareciendo a razón de un millón de euros por segundo, en la actualidad todavía aún dispondríamos de una cantidad considerable de dinero porque tan sólo se habría consumido unos 0.24 moles de euros; es decir, algo así como la cuarta parte de la cantidad original.

Superficie: El número de Avogadro de gramos de arena fina de playa extendidos uniformemente sobre la superficie de España (505000km^2) cubrirían el país entero con una capa de espesor igual a la altura de edificio de diez pisos.

Longitud: Si pudiéramos fabricar una mol de folios de papel, nos encontraríamos con un serio problema para almacenarlos, ya que tendríamos que manejar 400 millones de columnas de folios, iguales a la distancia que hay desde la tierra al sol(150x10^{6}km)

7. Metodología

El desarrollo de este trabajo se enfoca en un estudio cualitativo, el cual permite analizar la información de forma amplia y se acomoda a la diversidad de pensamientos que posee la población a tratar. Además posibilita comparar los resultados del cuestionario de pre-conceptos y el de post-conceptos

Aplicando las etapas del ciclo de aprendizaje se plantean las siguientes actividades:

7.1 Actividades de exploración

7.1.1 Cuestionario de pre-conceptos KPSI

A través del cuestionario KPSI *(Knowledge and prior study inventory)* diseñado por Tamir y Luneta(1978), se obtiene información valiosa para determinar los preconceptos que poseen los estudiantes ante el concepto mol.Éste consta de nueve preguntas, las cuales presentan cuatro opciones de respuesta.Además permite a la población indagada complementar la información con una serie de comentarios u observaciones en cada uno de los ítems. (Ver anexo A)

Las preguntas del cuestionario de pre-conceptos, se clasifican en tres categorías de la siguiente forma:

- Magnitudes físicas (preguntas 1, 2, 3 y 4)
- La naturaleza molecular (preguntas 5,6 y 7) y
- Unidades análogas (preguntas 8 y 9).

7.1.2 ¡La grandeza de lo pequeño! Se le preguntó a cada uno de los estudiantes de los grupos, que mencionaran un objeto cualquiera, el siguiente estudiante debía decir otro más grande que el anterior y así sucesivamente. De forma semejante se planteó la actividad inversa, es decir, de lo grande a lo pequeño.

7.1.3 ¿Cuál es el número ganador para hoy?

A cada uno de los participantes se le proporciona un pequeño cuadro de papel de 2 x 2 cm, se les pide que escriban el número más grande en magnitud y que lo comparen con un compañero, de ésta forma se van eliminando hasta tener el número más grande del grupo. Además por el reverso debían marcar la hoja con su nombre, grupo e institución.

7.2 Actividades de introducción de nuevos conocimientos

7.2.1 ¡Detrás del ajedrez, se esconde un gran número!

Se plantea a razón de analogía la leyenda de la historia del ajedrez, tomada del libro El hombre que calculaba (Tahan,1999) para relacionarla con el concepto de mol. (Ver anexo C)

En la guía se plantean tres categorías de preguntas.

- Análisis numérico (preguntas 1 y 2)
- Relación con el número de Avogadro (Preguntas 3,4,5)
- Relación molar (6,7,8 y 9)

7.3. Actividad de estructuración

7.3.1. ¡Cuéntame un montón!

Se desarrolla una práctica de laboratorio, donde los estudiantes realizan analogías del concepto de mol con productos cotidianos como: arroz, lentejas, fríjoles, arvejas, garbanzos, sacarosa, agua y cloruro de sodio. (ver anexo B)

La actividad se realizó con los tres grupos, en cada uno de ellos se conformaron equipos de cinco estudiantes. Para efectos del análisis de resultados se escogieron aleatoriamente 5 de esos equipos de la siguiente forma:

Equipo 1 y 2(Grupo 10º1)
Equipo 3 (Grupo10º2)
Equipo 4 y 5(grupo 10º3)

La actividad se lleva a cabo en el laboratorio de química con los materiales aportados por los estudiantes.

7.4 Actividades de aplicación

7.4.1 Cuestionario de post-conceptos

Se utilizó el mismo cuestionario inicial (KPSI) para analizar los conocimientos adquiridos durante las fases de aprendizaje. Éste recurso permite el análisis del aprendizaje significativo obtenido por los estudiantes en cuanto al concepto de mol. (Ver anexo A)

7.4.2 Mapa conceptual

Se usó esta herramienta del aprendizaje significativo para detectar los avances conceptuales de los estudiantes. Se dieron las orientaciones a los estudiantes para la correcta realización de un mapa conceptual.

8 Resultados y análisis

8.1 Actividades de exploración

8.1.1 Cuestionario de preconceptos (KPSI)

Las preguntas del cuestionario de preconceptos, apuntan a los subsunsores que poseen los estudiantes en cuanto a contenidos en ciencias naturales los cuales se relacionan con el concepto de mol (Tabla 2).Además se establecen una serie de categorías donde el estudiante jerarquiza su entendimiento de la siguiente manera:

1. Podría explicarlo a un(a) compañero
2. Lo sé.
3. No lo entiendo.
4. No lo sé.

Se abordan tres categorías de la siguiente forma:

- Magnitudes físicas (preguntas1,2,3 y 4)
- La naturaleza molecular (preguntas 5,6 y 7)
- Unidades análogas (preguntas 8 y 9).

En los tres grupos se presentan resultados similares en el cuestionario de preconceptos, éstos se presentan a continuación según la categoría de preguntas. Además se muestra un cuestionario elaborado por la estudiante Astrid Betancur del grupo 10º1(ver figura 5)

- **Magnitudes física**

Las preguntas sobre magnitudes físicas pretenden determinar los subsunsores que poseen los estudiantes sobre las unidades físicas y su utilización, estos saberes previos son el punto de partida para abordar el mundo molecular y relacionarlo con el concepto de mol.

Los resultados revelan que el 59,2 % de los estudiantes no entienden o desconocen cómo realizar factores de conversión y que el desarrollo de éstos les causa gran dificultad.Se evidencia que han utilizado las magnitudes físicas, pero no se apropian de ellas, un bajo porcentaje de estudiante maneja las unidades y puede demostrar su uso. Además se evidencia que el estudiante sólo recuerda la estructura de éstos, en las observaciones se presentan comentarios en los que se menciona que se debe tener la misma unidad en el numerador y el denominador para llegar a la unidad deseada.

Tabla 2 Cuestionario de preconceptos

Pregunta/Grupo		10º1				10º2				10º3			
		% 1	% 2	% 3	% 4	% 1	% 2	% 3	% 4	% 1	% 2	% 3	% 4
1	¿Conozco qué es un factor de conversión?	18.5	22.2	37,0	22.2	14.7	20.0	35.3	29.4	14.70	23.5	41.1	20.7
2	¿Tengo claro como realizar un factor de conversión?	14.8	18.5	40.7	25.9	11.8	17.6	29.4	41.1	11.76	20.5	29.4	38.2
3	Se demostrar que 9×10^{3} m es igual a 9 km.	11.1	18.5	44.4	25.9	11.8	17.6	41.1	29.4	11.76	20.5	26.4	41.2
4	¿Conozco las unidades del S.I?. Enuncie las que conozco.	37.0	33.3	18.5	11.1	23.5	20.6	26.5	29.4	29.41	29.4	29.4	11.8
5	¿Sé hallar la masa molecular del HNO_3?	7.41	18.5	44.4	29.6	11.8	17.6	32.3	38.2	5.90	17.6	32.3	44.1
6	Toda muestra de un elemento cuya masa en gramos sea numéricamente igual a su masa atómica contiene $6,023 \times 10^{23}$ átomos ¿Conozco cómo se llama esa cantidad?	7.41	11.1	37.0	44.4	20.6	23.5	26.4	29.4	14.70	17.6	26.5	41.2
7	1 mol de N_2 tiene una masa de 28 g; y 1 mol de oxígeno molecular (O_2) tiene una masa de 32g.¿En cuál de las dos cantidades hay mayor cantidad de moléculas?	7.41	7.41	42.5	42.5	5.90	5.90	44.1	44.1	5.90	5.90	73.5	14.6
8	¿Conozco los términos gruesa, docena o canasta cuando voy al mercado? Enuncia los productos que se encuentran en éstas presentaciones.	74.0	18.5	7.41	0.00	44.1	41.2	14.7	0.0	44.12	41.1	14.7	0.0
9	¿Conozco las medidas en las que se dan las recetas de cocina? Enuncia las que conoces.	44.4	37.0	14.8	3.71	41.1	38.2	14.7	5.90	41.18	35.2	17.6	5.90

- **Naturaleza molecular**

Las preguntas de ésta categoría pretenden que el estudiante diferencia conceptos fundamentales en el aprendizaje del concepto de mol, como es el caso de la masa molecular y la masa molar. De ésta misma forma que se familiarice con los respectivos cálculos.

Se evidencia un mínimo porcentaje de entendimiento de la naturaleza molecular, los estudiantes desconocen las unidades químicas y las relaciones existentes en el ámbito atómico. A pesar de que el tema se había visto con antelación, se presenta en los estudiantes un aprendizaje memorístico y poco significativo, entre las observaciones anotadas se encuentran expresiones como: ¡Si lo vimos, pero no recuerdo! u otras como la de la estudiante Astrid Betancur del grupo 10º1(ver figura 4) ¡Con ayuda lo puedo realizar!. Un bajo porcentaje reconoce el número de Avogadro como una constante utilizada en química y lo relaciona con el concepto de mol. Además no establecen diferencia entre la masa molar y la masa molecular, sólo se presentan comentarios como: ¡Sé que se debe usar la tabla periódica!

- **Unidades análogas**

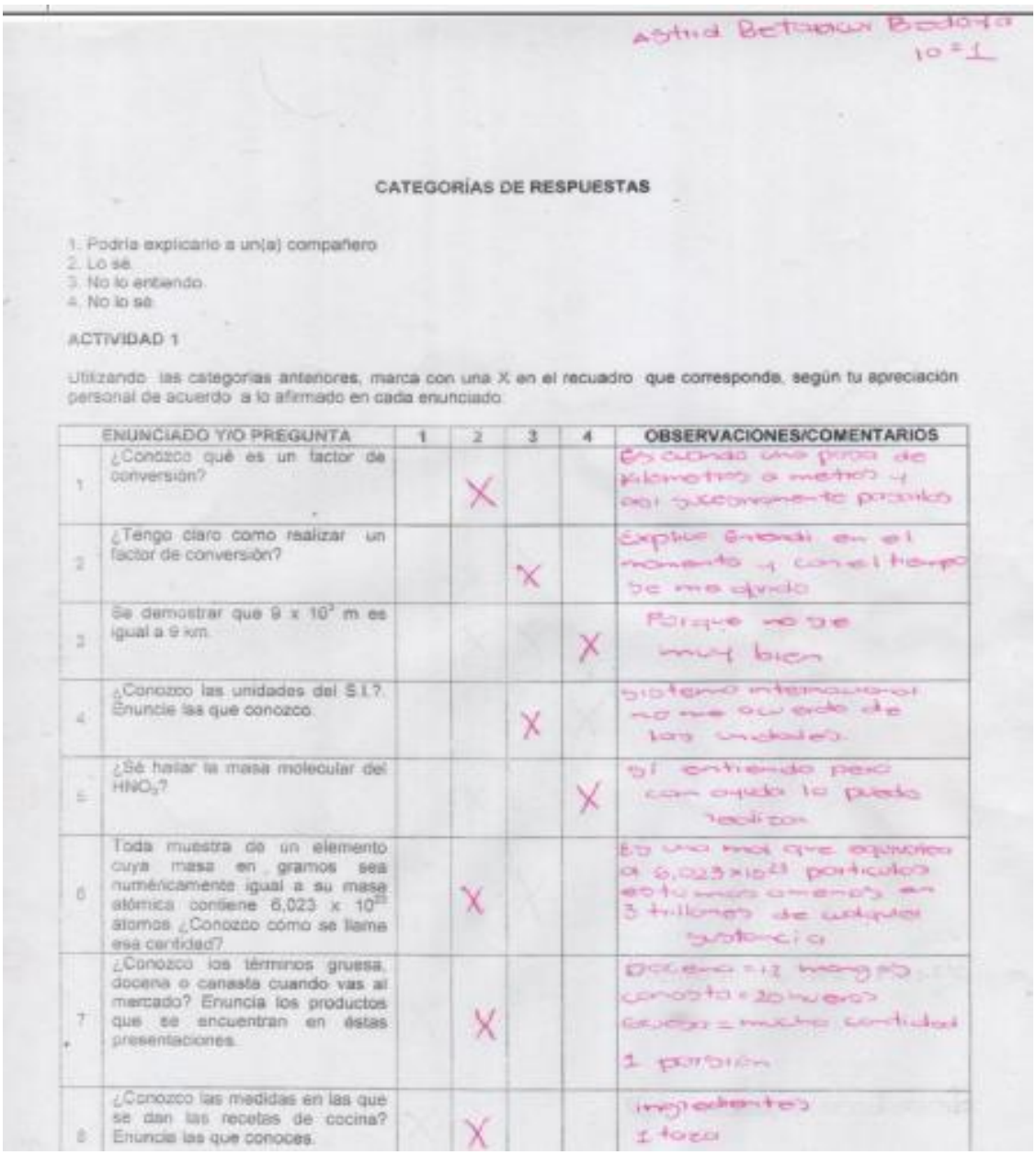
Las unidades análogas pretenden relacionar el concepto de mol con cantidades de uso cotidiano, es decir, un concepto que es complejo para el estudiantes lo relacionen con medidas triviales usadas en el mercado o en la cocina.

Se aprecia un alto porcentaje de conocimiento de unidades que se usan de forma cotidiana, saben de la existencia de ellas y las manejan correctamente. Mencionan principalmente*, docena de naranjas, canasta de huevos, gruesa de panela o papel higiénico.* En cuanto a las unidades de la cocina, citan *la taza, la pizca, el puñado y la cucharada.* Además aseveran que estas unidades son relativas, por ejemplo se dan comentarios que el puñado y la pizca dependen de la persona que las esté utilizando.

Esta es la categoría en la que los estudiantes poseen mejor entendimiento, ya que las usan en un contexto extraescolar y las escuchan en el barrio o en sus casas.
Se potencializa este conocimiento a priori que poseen los estudiantes para relacionarlo con conceptos complejos como el tratado en este trabajo.

Los resultados del cuestionario de preconceptos se vaticinaban de la misma forma en que se obtuvieron, de esta manera se procede a otras actividades de exploración para que el estudiante se motive al estudio del concepto de mol.

Figura 4 Cuestionario de preconceptos KPSI elaborado por Astrid Betancur 10º1



Astrid Betancur Bedoya
10°1

CATEGORÍAS DE RESPUESTAS

1. Podría explicarlo a un(a) compañero
2. Lo sé
3. No lo entiendo
4. No lo sé

ACTIVIDAD 1

Utilizando las categorías anteriores, marca con una X en el recuadro que corresponda, según tu apreciación personal de acuerdo a lo afirmado en cada enunciado:

	ENUNCIADO Y/O PREGUNTA	1	2	3	4	OBSERVACIONES/COMENTARIOS
1	¿Conozco qué es un factor de conversión?		X			Es cuando una pasa de kilometros a metros y así sucesivamente pasando
2	¿Tengo claro como realizar un factor de conversión?			X		Explicue bien en el momento y con el tiempo se me olvido
3	Se demostrar que 9×10^3 m es igual a 9 km.				X	Porque no se muy bien
4	¿Conozco las unidades del S.I.? Enuncie las que conozco.			X		sistema internacional no me acuerdo de las unidades.
5	¿Sé hallar la masa molecular del HNO_3?				X	si entiendo pero con ayuda lo puedo realizar
6	Toda muestra de un elemento cuya masa en gramos sea numéricamente igual a su masa atómica contiene $6{,}023 \times 10^{23}$ átomos. ¿Conozco cómo se llama esa cantidad?		X			Es una mol que equivale a $6{,}023 \times 10^{23}$ partículas es tu mas o menos en 3 trillones de unidades atomicas
7	¿Conozco los términos gruesa, docena o canasta cuando vas al mercado? Enuncia los productos que se encuentran en éstas presentaciones.		X			Docena = 12 huevos canasta = 20 huevos gruesa = mucha cantidad 1 porción
8	¿Conozco las medidas en las que se dan las recetas de cocina? Enuncia las que conoces.		X			ingredientes 1 taza

8.1.2 ¡La grandeza de lo pequeño!

La actividad pretende que el estudiante dimensione el tamaño de los materiales y los jerarquice en el mundo macroscópico y microscópico. Ésta actividad fue del agrado de los participantes, empero resultó curioso que cuando se tenían que salir

del contexto social, les era difícil asimilar objetos mayores, en el caso específico cuando nombraban la ciudad de Medellín, no dimensionaban otras ciudades más grandes, de igual modo con los países. A pesar de esto, en el primer grupo se partió desde un borrador que se encontraba en el interior de una cartuchera, hasta la inmensidad de la vía láctea. En el segundo grupo se inició con una tiza y se llegó a una galaxia y en el tercer grupo se empezó con un lápiz y se llegó al sol.

En la segunda actividad se evidencia complejidad cuando el estudiante llega a objetos intangibles y que no se pueden observar. En el primer grupo se partió de la vía láctea, por referencia del ejercicio anterior y se llegó hasta la célula, pasando por la punta de un alfiler. En el segundo grupo de igual forma se empezó del universo y se llegó a un quark, en el último grupo se partió de Júpiter y se llegó al átomo.

Los estudiantes del grado décimo de la I.E San Lorenzo de Aburrá, tienen una percepción acertada de lo macro a lo micro y viceversa, sin embargo los objetos que no se pueden ver a simple vista, los han escuchado, pero resultan inverosímiles para ellos.

La actividad permitió en los estudiantes un acercamiento al concepto de mol, debido a que se relacionan objetos pequeños (átomos y moléculas) y los comparan con objetos grandes (moles). Asimismo la grandeza de lo pequeño motivó a los estudiantes y se descubrieron los subsonres presentes en ellos, esto se evidencia en los comentarios realizados en la clase, algunos de ellos mencionan que las temáticas deberían empezar con los saberes previos que ellos poseen y no simplemente impartir un conocimiento de forma teórica por parte de los docentes.

A continuación se presentan los resultados obtenidos por los grupos 10º1,10º2 y10º3(Tablas 3, 4 y 5)

Tabla 3 La grandeza de lo pequeño, grupo 10º1

Micro a macro	Macro a micro
Borrador	Vía láctea
Calculadora	Tierra
Cuaderno	Brasil
Maleta	Medellín
Silla	La cancha de Granizal
Escritorio	Camión
Salón	Carro
Laboratorio de química	Moto
La biblioteca	Bicicleta
El auditorio	Marcela(estudiante)

Tabla 3 (Continuación)

Colegio	Un buzo
La cancha	Una camiseta
El estadio	Un par de zapatos
Manrique Santa Inés(Barrio)	Un par de medias
Manrique(Comuna)	Calculadora
Medellín	Lapicero
Bogotá	Lápiz
Colombia	Memoria USB
Estados Unidos	Sacapuntas
América	Moneda de $50
Asia	Un pedazo de tiza
El océano	Grano de azúcar
La tierra	Grano de sal
Marte	Polvo de tiza
Júpiter	Punta de un alfiler
El sol	Bacteria
La vía láctea	La célula

Tabla 4. Resultados de la grandeza de lo pequeño en el grupo 10º2

Micro a macro	Macro a micro
Tiza	Universo
Cartelera	Júpiter
Tenis	Marte
Bafle	La tierra
Ventilador	El océano
Silla	África
Puerta	Brasil
Lámpara	Titanic
Escritorio	Metro
Tablero	Avión
Escaparate	Casa
Muro	Habitación
Salón	Cama
Sala de informática	Televisor
Auditorio	Mueble
Cancha	Escritorio
Colegio José Roberto Vásquez(Otra Institución del sector)	Mueble
El estadio	Silla

Tabla 4 (Continuación)

Manrique Santa Inés	Computador
La comuna de Manrique	Bolso
Medellín	Cuaderno
Antioquia	Borrador
Colombia	Lápiz
Estados unidos	Sacapuntas
Norte América	Mina
Rusia	Topito de arete
Europa	El segundero del reloj
Asia	Un grano de azúcar
El mar	Una bacteria
El cielo	Un virus
La tierra	Un átomo
Marte	Protones
Sol	Neutrones
Galaxia	Quark

Tabla 5 Resultados de la grandeza de lo pequeño en el grupo 10º3

Micro a macro	Macro a micro
Lápiz	Júpiter
Lapicero	Saturno
Sacapuntas	Marte
Borrador	La tierra
Calculadora	Mercurio
Cuaderno	La luna
Block	La capa de ozono
Buzo	El mar
Chaqueta	Europa
Maletín	Colombia
Lámpara	Antioquia
Ventilador	Un río
Silla	Una montaña
Ventana	Un barco
Armario	Una lancha
Puerta	Un bus
Salón	Un carro
Cancha de fútbol	Una casa
El colegio	Una habitación
El barrio	Una cama

Tabla 5 (Continuación)

Medellín	Una silla
Bogotá	Un bolso
Colombia	Botas
México	Zapatos
Canadá	Medias
América	Borrador
Asía	Sacapuntas
EL mar	Ripio del lápiz
La luna	La mina del lápiz
La tierra	Un piojo
Marte	Un cristal de sal
Saturno	Una bacteria
Júpiter	Un virus
El sol	Un átomo

8.1.3 ¿Cuál es el número ganador para hoy?

La actividad pretende crear curiosidad en los participantes y generar interés en cantidades enormes que se encuentran en pequeños espacios.

Los estudiantes se sorprenden al ver el tamaño del papel para hacer la actividad, y se presentan comentarios como: ¡Profe se enloqueció o qué!,¡Profe ahí no cabe ningún número! o profe ¡mi letra es muy grande! a pesar de esto escriben números como *9999* y el ganador de grandes proporciones el cual fue expresado con 123 dígitos en el grupo 10º1 de la siguiente manera:
*(999999999

especialmente cuando éstas superan el billón. Además se presentan comentarios como: ¡Para mí ese era el número más grande que cabía en el papelito!

Esta actividad se relaciona con el concepto de mol porque el estudiante alcanza a comprender la inmensidad de átomos que se encuentran en una determinada muestra de material, así esta sea pequeña a simple vista. Además con la actividad los estudiantes empezaron a realizar analogías con el número de Avogadro y a relacionar el mundo microscópico con el macroscópico.

Figura 5 ¿Cuál es el número ganador para hoy?, grupo 10º1

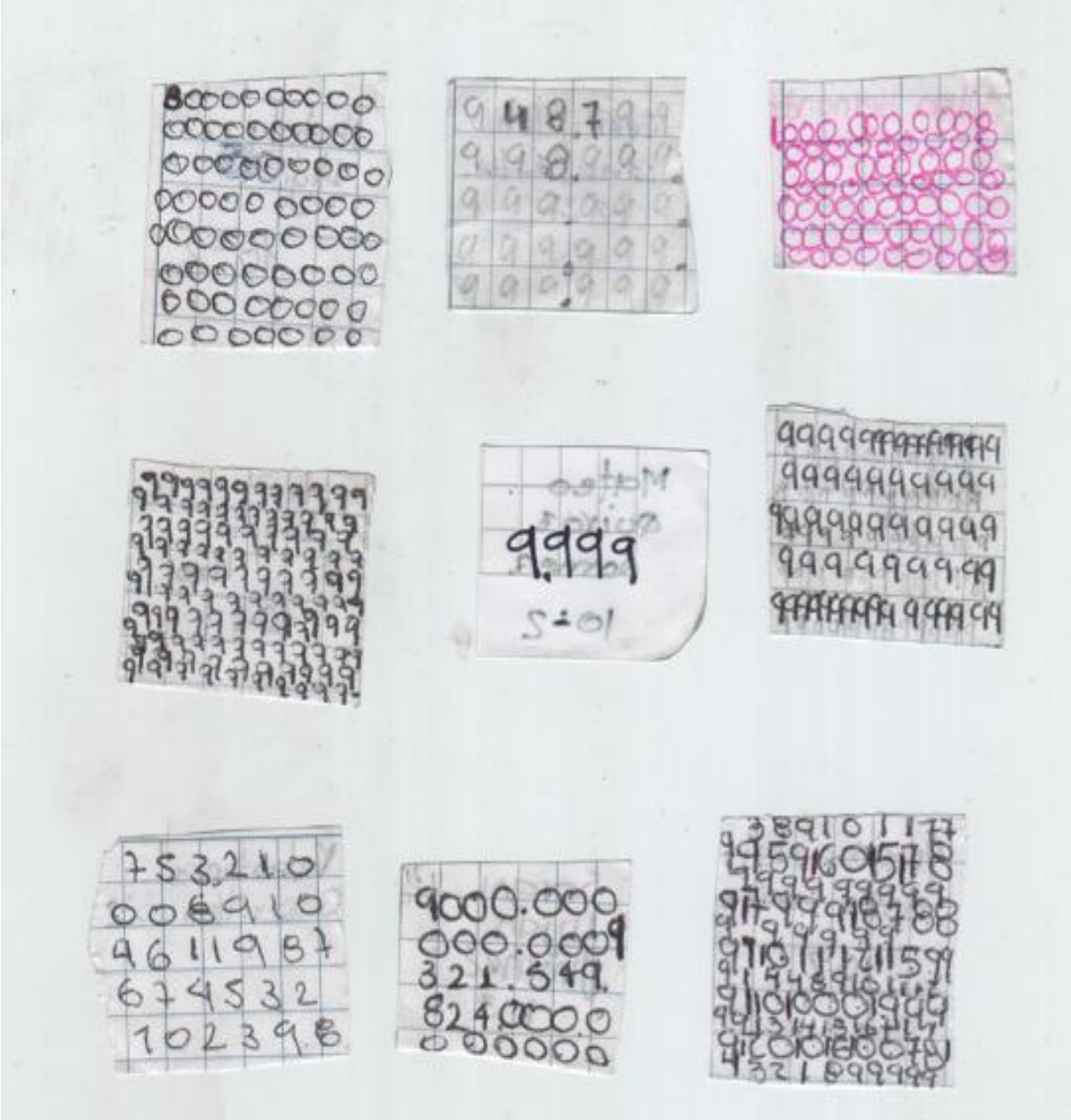


Figura 6 ¿Cuál es el número ganador para hoy?, grupo 10º2

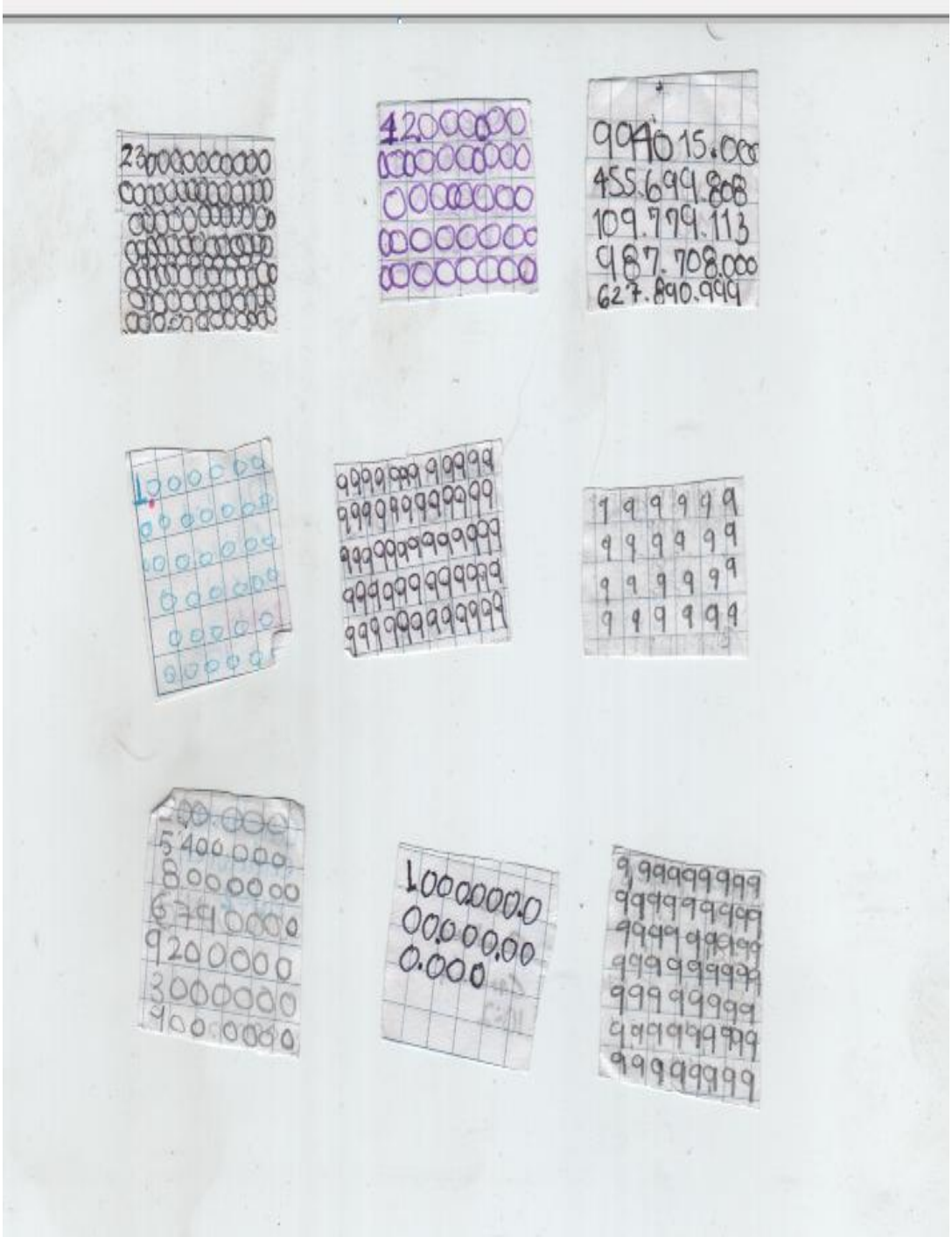
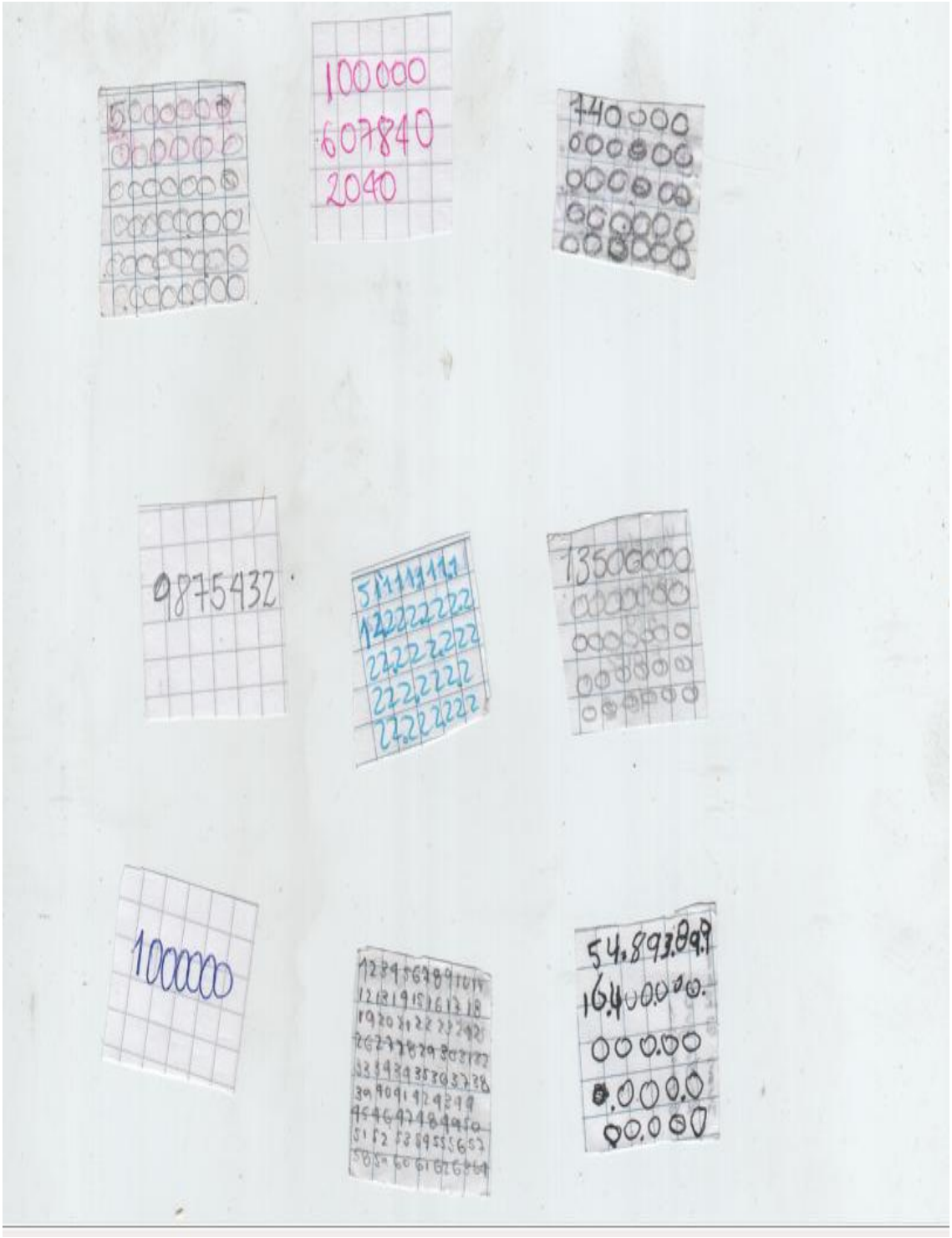


Figura 7 ¿Cuál es el número ganador para hoy?, grupo 10º3



8.2 Actividades de introducción de nuevos conocimientos

8.2.1. ¡Detrás del ajedrez, se esconde un gran número!

Los estudiantes se sienten interesados por la historia, aunque se preguntan la relación con la clase de química. Los resultados presentados en los tres grupos son homogéneos y se presentan a continuación tanto por preguntas como por categorías.

Resulta válido aclarar que esta actividad se realizó dentro del aula de clase y que sólo se contaba con los medios dispuestos en ese instante, es decir, los resultados son producto de los subsunsores que poseen los estudiantes y no tuvieron ayudas externas. Además los cálculos debían realizarse a lápiz sin la ayuda de calculadora y ser expresados sin utilizar notación científica (Ver anexo C)

Grupo 10º1

Pregunta 1: Todos los estudiantes realizaron la tabla(27), sin embargo sólo el 18.5%, es decir, 5 participantes acertaron en el valor de total de la cantidad de granos de trigo que se pedía (18446744073709551615)

Pregunta 2: El 66.7%, es decir, 18 estudiantes del grupo reconocen la progresión establecida en la historia, y especifican que es del orden de 2^n.

Pregunta 3: El 74.1%, es decir, 20 estudiantes reconoce que el número de Avogadro tiene más dígitos y lo diferencian del pedido en la historia

Pregunta 4: Sólo el 22.2%, es decir, 6 estudiantes reconocen la relación entre los dos números como un cociente, se evidencia entre el grupo otros resultados como la diferencia entre los números.

Pregunta 5: Los estudiantes continuaron el tablero de ajedrez adicionando casillas, empero sólo el 14.8%, es decir, 4 participantes llegan a la respuesta acertada, es decir, 79 casillas.

Pregunta 6: El 18.5%, es decir, 5 estudiantes realizan bien el factor de conversión y llegan a la masa pedida en el problema

Pregunta 7: El 14,8%, es decir, 4 estudiantes llegan a la respuesta correcta

Pregunta 8: El 37.04%, es decir, 10 estudiantes presentan un resultado satisfactorio del procedimiento del factor de conversión, sin embargo no se llega a la respuesta indicada.

Pregunta 9: Al igual que la pregunta anterior se evidencia en un 37.4% tienen un buen desarrollo procedimental, empero la respuesta no es la adecuada.

Grupo 10º2

Pregunta 1: Todos los estudiantes (34) realizaron la tabla, pero sólo el 14,70%, acertaron en el valor de total de la cantidad de granos de trigo que se pedía. (18446744073709551615)

Pregunta 2: El 58.82%, es decir, 20 estudiantes del grupo reconocen la progresión establecida en la historia, y especifican que es del orden de 2^n.El resto de participantes no responden la pregunta.

Pregunta 3: El 73,53%, es decir, 25 estudiantes reconoce que el número de Avogadro tiene más dígitos y lo diferencian del pedido en la historia.

Pregunta 4: Sólo el 23.52%, es decir, 8 estudiantes reconocen la relación entre los dos números como un cociente.

Pregunta 5: Los estudiantes continuaron el tablero de ajedrez adicionando casillas, empero sólo los que contestaron bien la primera pregunta llegan a la respuesta deseada, es decir, 79 casillas

Pregunta 6: El 20.59%, es decir, 7 estudiantes realizan bien el factor de conversión, aunque no llegan a la cantidad deseada.

Pregunta 7: El 23.52%, es decir, 8 estudiantes realizan adecuadamente los factores de conversión.

Pregunta 8: El 38.23%, es decir, 13 estudiantes realizan adecuadamente los factores de conversión.

Pregunta 9: El 35,29%, es decir, 12 estudiantes tienen un buen proceso de las conversiones, empero su respuesta es inadecuada.

Grupo 10º3

Pregunta 1: El 88.24%, es decir, 30 estudiantes realizaron la tabla completa. Sin embargo sólo el 17.64%, es decir, 6 estudiantes llegan a la respuesta acertada (18446744073709551615)

Pregunta 2: El 32.35%, es decir, 11 estudiantes del grupo reconocen la progresión establecida en la historia, y especifican que es del orden de 2^n.

Pregunta 3: El 73.52%, es decir, 25 estudiantes reconoce que el número de Avogadro tiene más dígitos y lo diferencian del pedido en la historia.

Pregunta 4: Sólo el 29.41 % de los estudiantes, es decir, 10 estudiantes reconocen la relación entre los dos números como un cociente

Pregunta 5: Los estudiantes continuaron el tablero de ajedrez adicionando casillas, empero sólo el 14.70% llegan a la respuesta acertada, es decir, 79 casillas.

Pregunta 6: El 17.64 % realizan bien el factor de conversión y llegan a la masa pedida en el problema.

Pregunta 7: El 17.64% llega a la respuesta deseada.
Pregunta 8: El 35,29%, es decir,12 estudiantes presentan un resultado satisfactorio del procedimiento del factor de conversión, aunque no se llega a la respuesta indicada.

Pregunta 9: El 32.35% , es decir, 11 estudiantes tienen un buen procedimiento en el factor pero no llegan a la respuesta deseada.

Análisis por categorías

- ## Análisis numérico

Las preguntas 1 y 2, buscan que el estudiante se familiarice con cantidades enormes y realice cálculos mentales, además pretende acercar de manera amena la literatura con los conceptos científicos. (Ver figura 8 y 9)

Se aprecia en los resultados que un bajo porcentaje de los estudiantes alcanzan a llegar a la cantidad pedida, los participantes arguyen que se debe a la complejidad de los cálculos mentales y que en cualquier casilla que se equivoquen, de ahí en adelante estará errado el resultado. Además tienen clara la progresión, empero les resulta complejo relacionarla con una potencia. Se evidencia complejidad en el momento de leer el número, 18446744073709551615, y atribuyen que no identifican cifras cuando sobrepasan los billones.

El ejercicio resultó satisfactorio para los estudiantes porque lograron dimensionar cantidades grandes y relacionarlas con el mundo tangible, aunque la respuesta final en la mayoría de los estudiantes no fue la pedida en la historia, los resultados sí estaban alrededor de los 20 dígitos, es decir, en las centenas de trillón, cifra que fue compleja en su lectura.

• Análisis de la relación con el número de Avogadro

Las preguntas pertenecientes a los numerales 3,4 y 5 buscan que el estudiante relacione la cantidad pedida en la historia con el número de Avogadro y compare no sólo cantidades, sino que dimensione la inmensidad de dicha constante.

3. ¿Cómo es el último número comparado con el número de Avogadro?
4. ¿En qué razón se encuentran estos dos números?
5. ¿Cuántas casillas se necesitan para llegar al número de Avogadro?

A pesar de que el resultado final de la mayoría de los estudiantes fue errado, un gran porcentaje diferencia que el número de Avogadro tiene 23 dígitos y que éste es mayor que el obtenido en la suma de las casillas, que en el promedio de las respuestas se encuentra en 20 dígitos. Cuando se pide que busquen una relación un bajo porcentaje acierta que el número de Avogadro es aproximadamente 32650 veces mayor que la suma pedida. Se presentan otras relaciones en el grupo 10º1 como es el caso de la diferencia entre ambas cantidades, demostrando de ésta forma una concepción errada en el término relación. Un gran porcentaje realiza bien el procedimiento de continuar con la progresión de las casillas, pero sólo los que responden bien la primera pregunta llegan a la casilla 79 como respuesta acertada. Entre otras respuestas se encuentran 72 y 84 casillas, debido a que tenían errada la primera pregunta. (Ver figura 10)

Los estudiantes se sorprenden al imaginar el número de Avogadro, ya que necesitan un tablero de ajedrez mucho más grande para completar la cantidad y de ésta forma empiezan a dimensionar la constante como medio para el conteo de partículas.

• Análisis de la relación molar

Las preguntas 6, 7, 8 y 9 pretenden relacionar de manera análoga el mundo macroscópico con el microscópico e inquietar al estudiante con cantidades inconmensurables. Se evidencia un bajo porcentaje de estudiantes que aciertan en las respuestas, sin embargo poseen un buen procedimiento para realizar los factores de conversión y se asombran por ejemplo en la pregunta número 9, que se tardarían aproximadamente 29 millones de años en cultivar una mol de granos trigo.(ver figura 10)

Por otro lado los estudiantes se sorprenden de la masa una mol de granos de trigo, aproximadamente $1.8x10^{16}$ton, es decir, 18000 billones de toneladas y luego

de consultar algunos datos en la literatura, lo compararon con Hiperión una de las lunas de Saturno, que tiene una masa de $1.77x10^{16}$ ton.

A través de esta analogía los estudiantes lograron dimensionar la inmensidad del número de Avogadro, además se observa el avance de los estudiantes y empiezan a relacionarlo con las actividades de exploración.

Figura 8 Resultado Detrás del ajedrez se esconde un gran número por Sara Álvarez 10º3

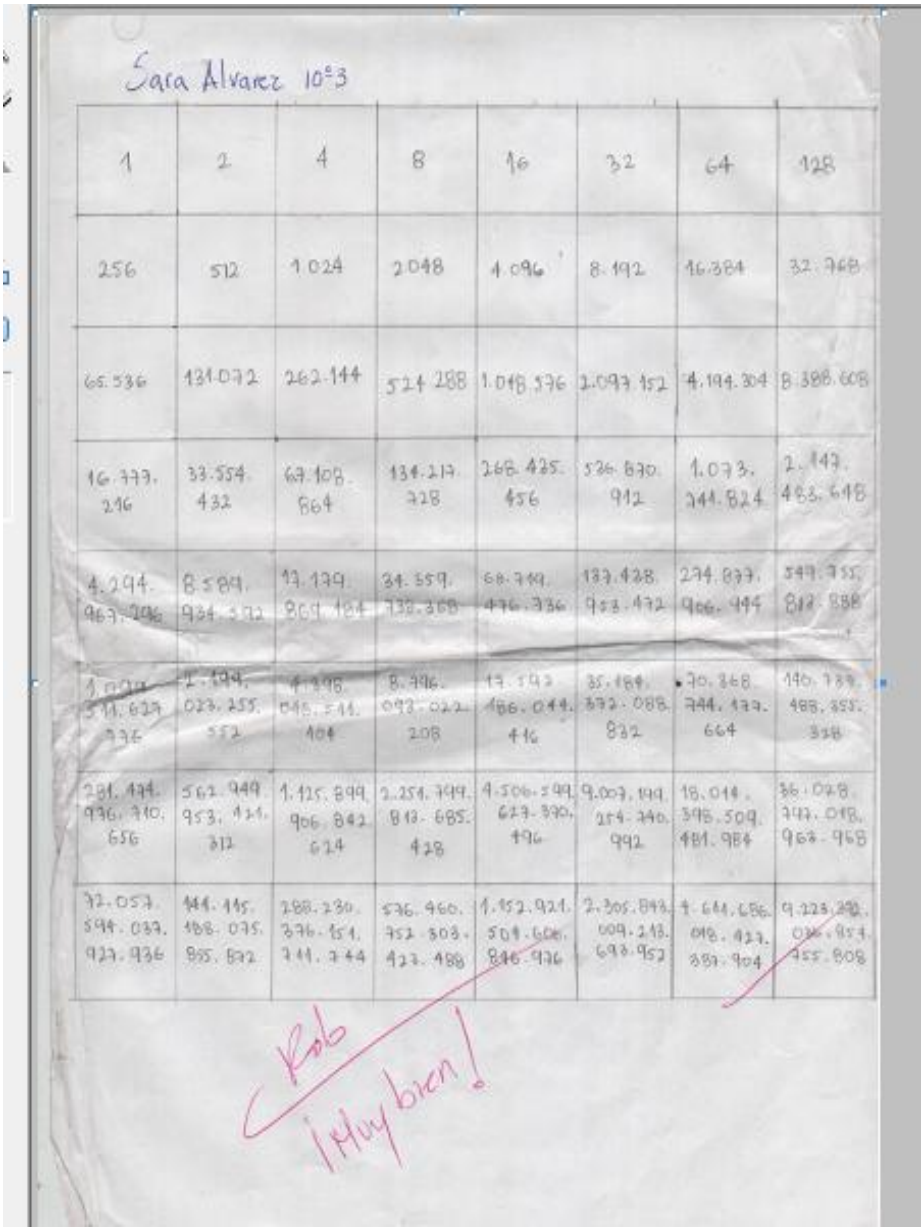


Figura 9 Resultado ¡Detrás del ajedrez se esconde un gran número! por Sara Álvarez 10º3

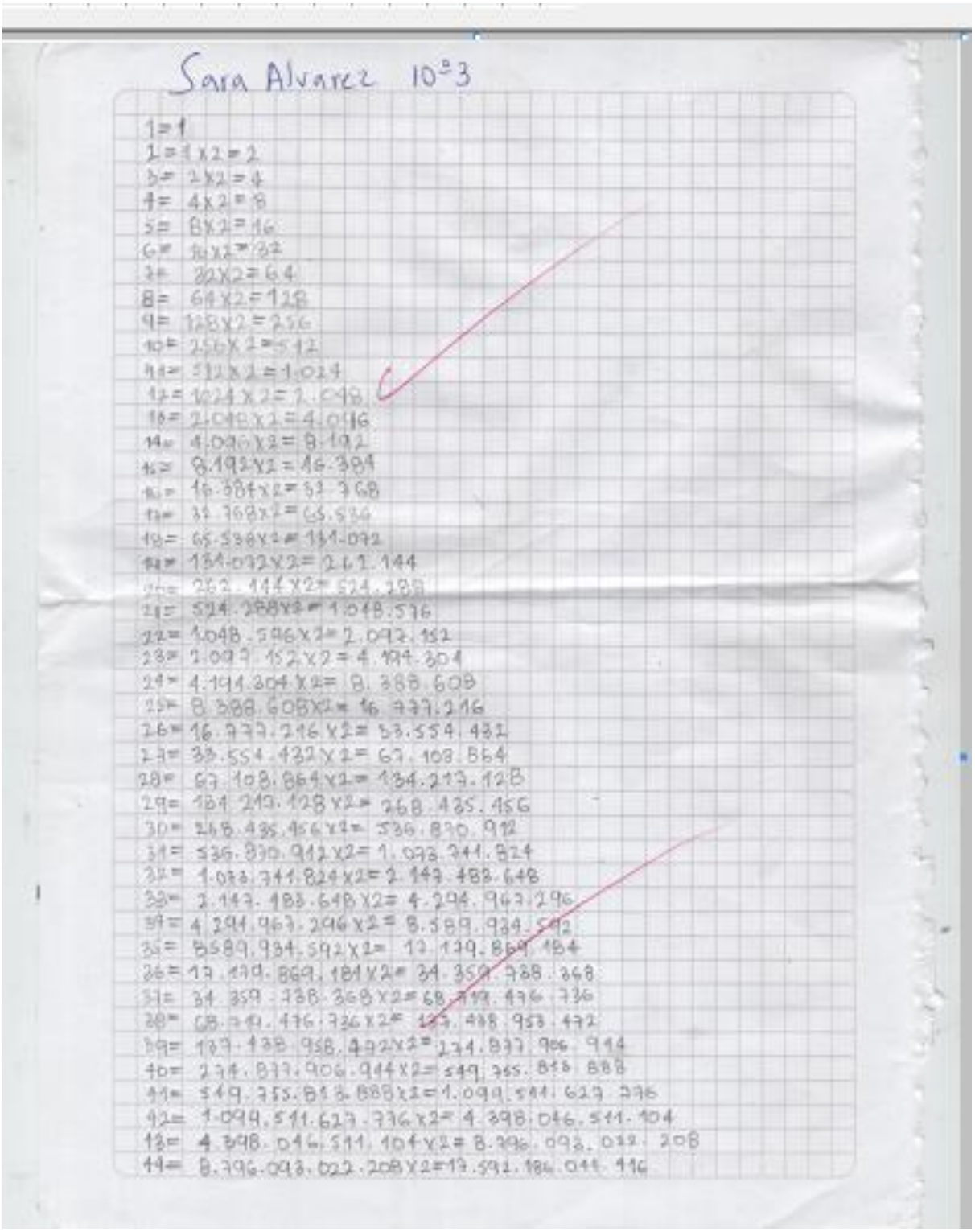


Figura 9 (Continuación)

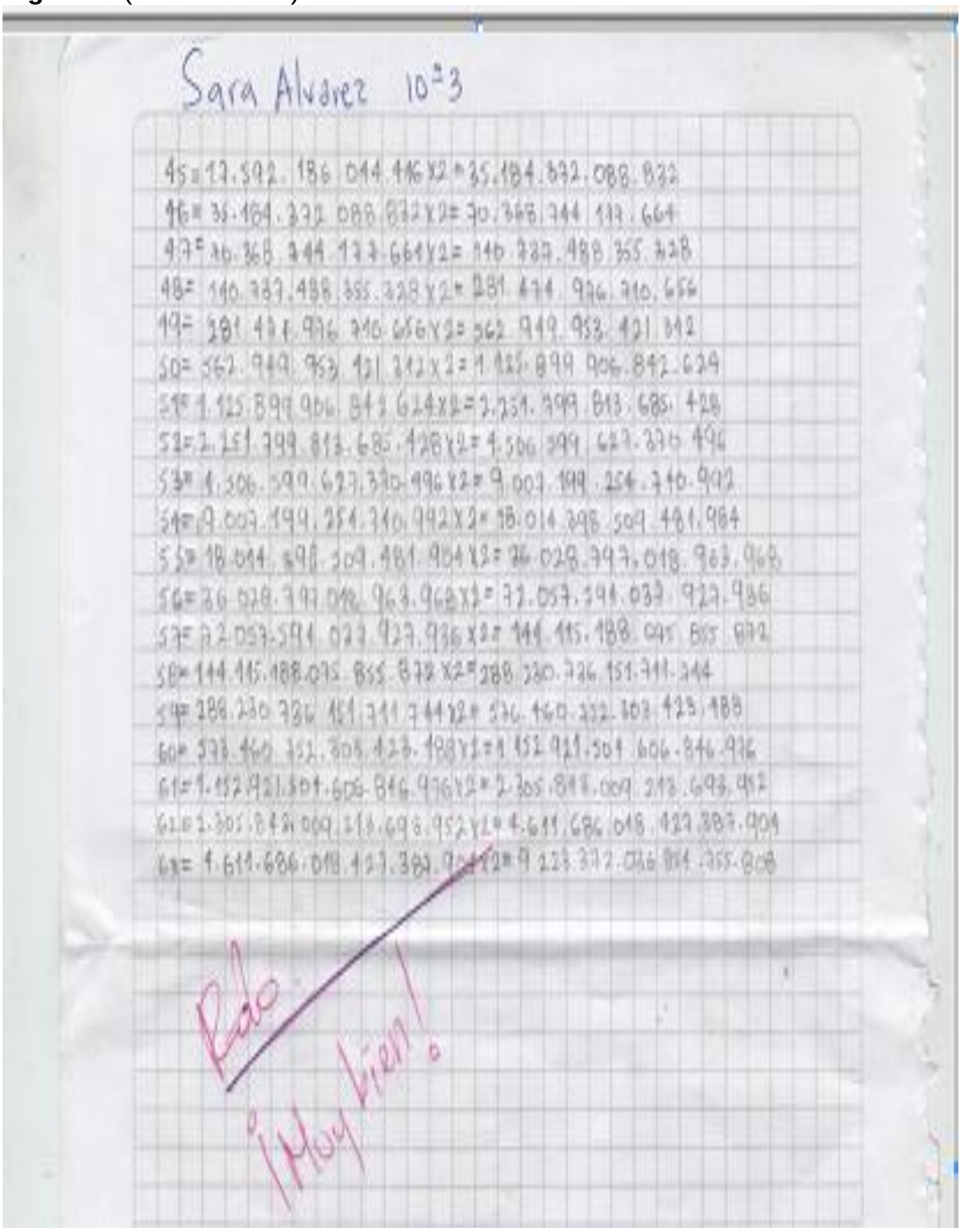
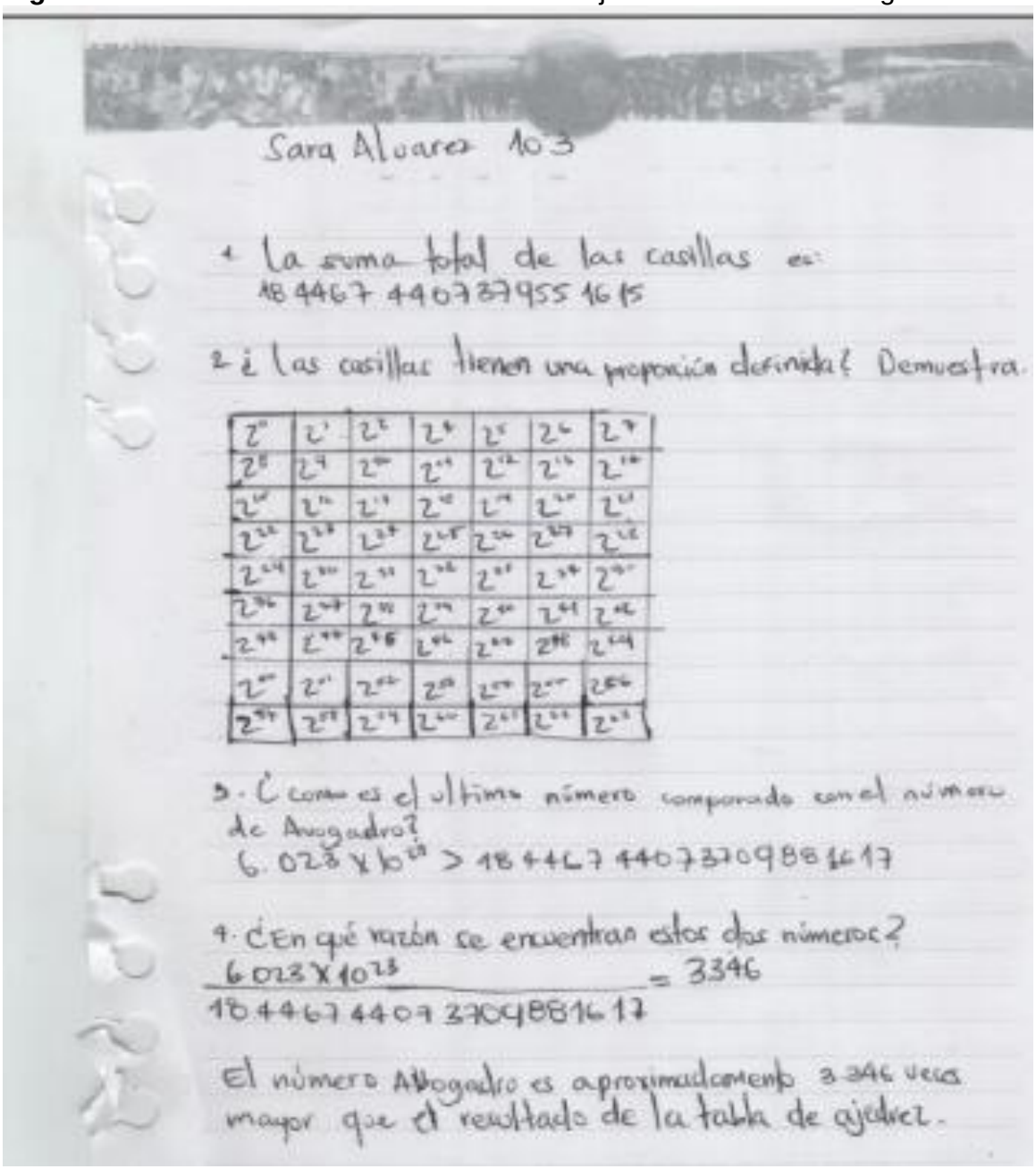


Figura 10 Resultado cuestionario. Detrás del ajedrez se esconde un gran número



Sara Alvarez 10-3

1. La suma total de las casillas es:
18 4467 4407 3709 5516 15

2. ¿Las casillas tienen una proporción definida? Demuestra.

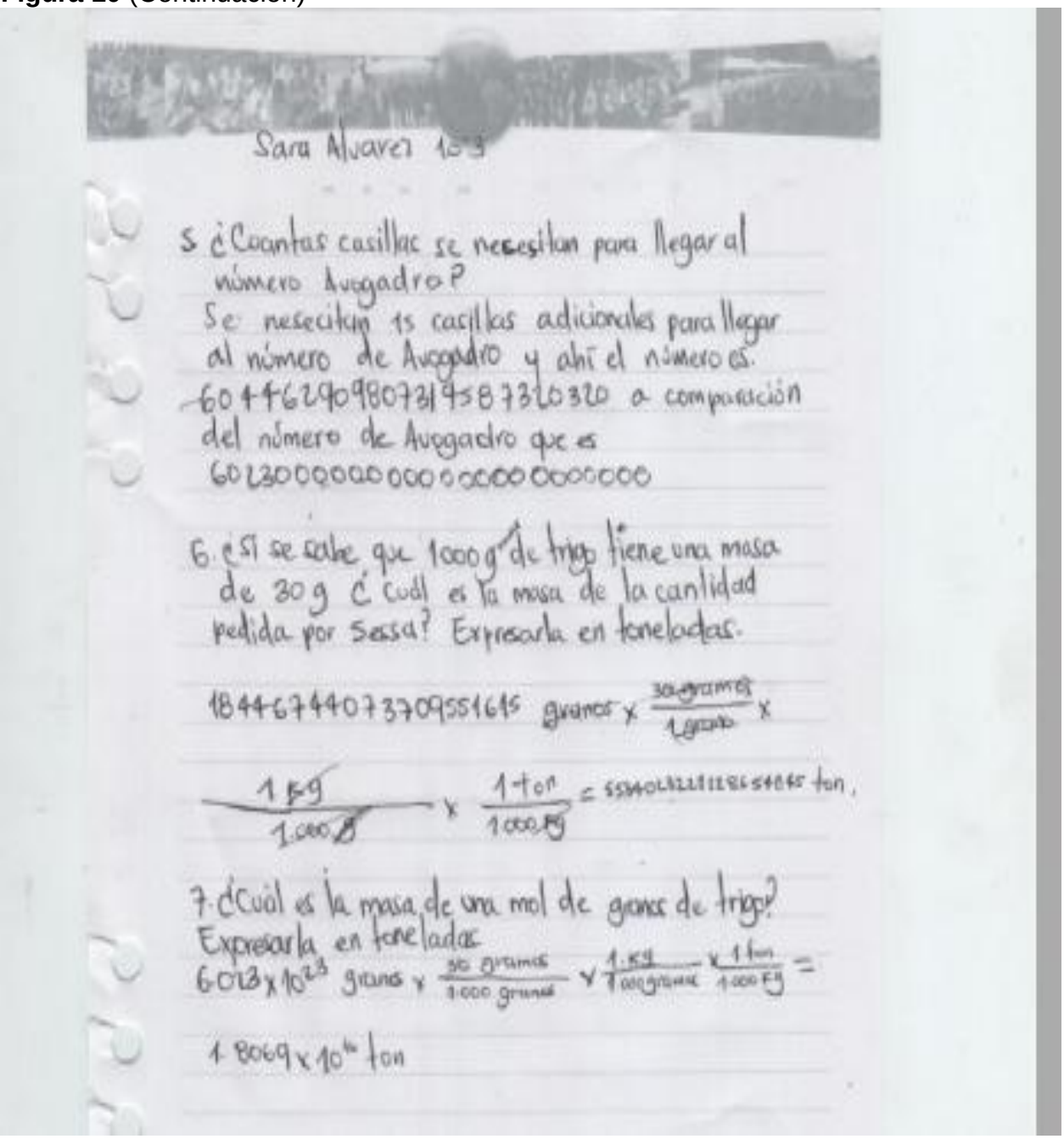
2^0	2^1	2^2	2^3	2^4	2^5	2^6
2^7	2^8	2^9	2^{10}	2^{11}	2^{12}	2^{13}
2^{14}	2^{15}	2^{16}	2^{17}	2^{18}	2^{19}	2^{20}
2^{21}	2^{22}	2^{23}	2^{24}	2^{25}	2^{26}	2^{27}
2^{28}	2^{29}	2^{30}	2^{31}	2^{32}	2^{33}	2^{34}
2^{35}	2^{36}	2^{37}	2^{38}	2^{39}	2^{40}	2^{41}
2^{42}	2^{43}	2^{44}	2^{45}	2^{46}	2^{47}	2^{48}
2^{49}	2^{50}	2^{51}	2^{52}	2^{53}	2^{54}	2^{55}
2^{56}	2^{57}	2^{58}	2^{59}	2^{60}	2^{61}	2^{62}
2^{63}	2^{64}	2^{65}	2^{66}	2^{67}	2^{68}	2^{69}

3. ¿Como es el ultimo número comparado con el número de Avogadro?
$6.023 \times 10^{23} > 18\,4467\,4407\,3709\,8816\,17$

4. ¿En qué razón se encuentran estos dos números?
$\frac{6023 \times 10^{23}}{18\,4467\,4407\,3709\,8816\,17} = 3346$

El número Avogadro es aproximadamente 3.346 veces mayor que el resultado de la tabla de ajedrez.

Figura 10 (Continuación)



Sara Alvarez 10-3

5 ¿Cuantas casillas se necesitan para llegar al número Avogadro?
Se necesitan 15 casillas adicionales para llegar al número de Avogadro y ahí el número es.
604462909807319587320320 a comparación del número de Avogadro que es
602300000000000000000000

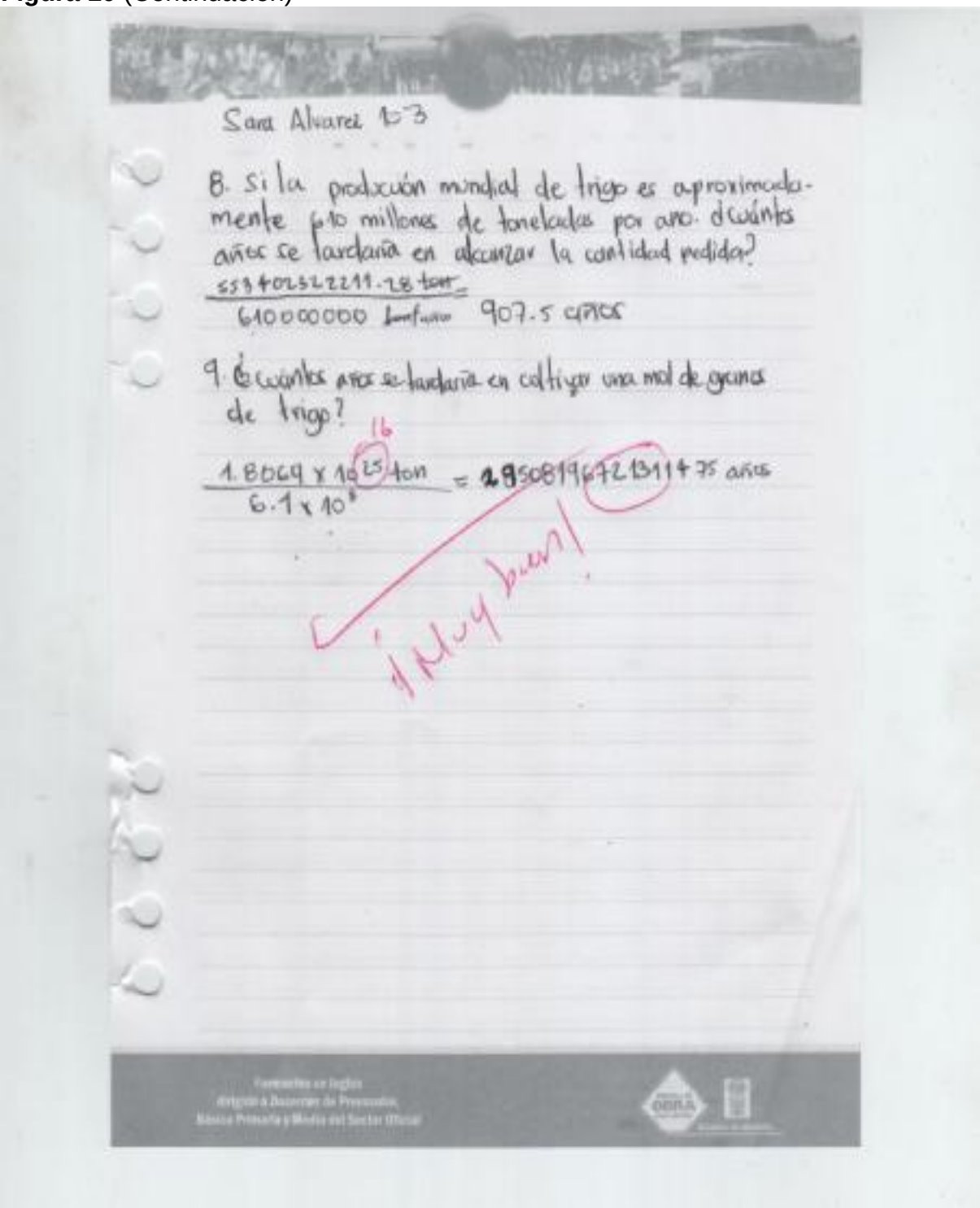
6. ¿Si se sabe que 1000g de trigo tiene una masa de 30g ¿Cuál es la masa de la cantidad pedida por Sessa? Expresarla en toneladas.

18446744073709551615 gramos x 30 gramos / 1 grano x 1 kg / 1000 g x 1 ton / 1000 kg = 553402322211286548445 ton.

7. ¿Cuál es la masa de una mol de granos de trigo? Expresarla en toneladas
6.023×10^{23} granos x 30 gramos / 1.000 granos x 1 kg / 1000 gramos x 1 ton / 1.000 kg =

1.8069×10^{16} ton

Figura 10 (Continuación)



Sara Alvarez 10-3

8. Si la produción mundial de trigo es aproximadamente 610 millones de toneladas por año. ¿cuántos años se tardaría en alcanzar la cantidad pedida?

$\frac{5534025222 11.28 \text{ ton}}{610000000 \text{ ton/año}}$ 907.5 años

9. ¿Cuántos años se tardaría en cultivar una mol de granos de trigo?

$\frac{1.8069 \times 10^{25} \text{ ton}}{6.1 \times 10^{8}} = 29508196721311475$ años

¡Muy bien!

8.3 Actividades de estructuración

8.3.1 ¡Cuéntame un montón!

Los resultados de los equipos se presentan a continuación, las respuestas han sido expuestas textualmente como fueron escritas por los estudiantes.

¿Qué se puede concluir acerca de los datos obtenidos en la tabla anterior?

Equipo 1
Aunque las cantidades eran medidas con el mismo vaso de tinto, la cantidad de unidades de cada sustancia variaba notablemente.

Equipo 2
Aunque el vaso tiene el mismo tamaño, las unidades aumentan o disminuyen, depende del alimento.

Equipo 3
La mayor cantidad de unidades se encuentra en el arroz (5856), el material que posee mayor masa son los garbanzos (376g) y el de menor masa fueron los fríjoles con 156g. El arroz fue el más difícil de contar por ser más pequeños.

Equipo 4
Podemos concluir que cada material posee diferentes cantidades en masa y unidades. Por ejemplo el arroz y las arvejas tuvieron más dificultad de contar, por ser tan pequeños y los garbanzos y fríjoles más fáciles.

Equipo 5
El arroz es la que tiene más cantidad de unidades con 5654, seguida de las arvejas con 682, luego los garbanzos con 486 y la que menos tenía eran los fríjoles con 216 unidades. Eso se da por el tamaño de cada unidad de material, entre más grande es menos la cantidad que cabe en pocillo.

¿Cómo podría contar las partículas que componen el agua?

Equipo 1
Las partículas del agua no son contables porque no se pueden ver

Equipo 2
Se necesita de un instrumento tecnológico, como un microscopio, para poder ver las partículas y contarlas.

Equipo 3
Las partículas del agua no son sólidas, por ésta razón no se pueden contar como los fríjoles o el arroz

Equipo 4
Es muy difícil contarlas porque el agua es líquida y sus partículas no se ven a simple vista.

Equipo 5
El agua no se puede contar porque no hay partículas individuales

¿Cuál de los materiales posee mayor cantidad de materia, sustancia y volumen?

Equipo 1

Materia: el agua, debido a que no se ven las unidades
Sustancia: azúcar, ya que pesa más en la balanza.
Volumen: azúcar, ya que es el que ocupa más espacio en el recipiente

Equipo 2

Materia: el azúcar porque pesa más
Sustancia: el azúcar porque pesa 346g
Volumen: el azúcar porque en el beaker se ven 350 ml

Equipo 3

Materia: el sulfato de cobre porque se ven más pequeñas los granos que en el azúcar.
Sustancia: el azúcar porque pesa más que las otras.
Volumen: el azúcar porque se ve más cantidad.

Equipo 4

Materia: la sal porque los granos son más compactos.
Sustancia: la sacarosa porque pesa más en la masa tabla periódica.
Volumen: sacarosa, ya que su cantidad es mayor en el beaker.

Equipo 5

Materia: sulfato de cobre porque tiene los granos más pequeños
Sustancia: sacarosa, porque tiene mayor cantidad de gramos.
Volumen: la sacarosa, porque a simple vista se ve más cantidad.

Con los parámetros anteriores ordene en forma ascendente la cantidad de materia, sustancia y volumen:

Tabla 6 Resultados pregunta número 3 ¡Cuéntame un montón!

Equipo	Materia	Sustancia	Volumen
1	*Sacarosa* *Sulfato de cobre* *Sal* *Agua*	*Agua* *Sulfato de cobre* *Sal* *Sacarosa*	*Agua* *Sulfato de cobre* *Sal* *Sacarosa*
2	*Agua* *Cloruro de sodio* *Sulfato de cobre* *Sacarosa*	*Agua* *Sulfato de cobre* *Sal* *Sacarosa*	*Agua* *Sulfato de cobre* *Sal* *Sacarosa*
3	*Sacarosa* *Cloruro de sodio* *Agua* *Sulfato de cobre*	*Agua* *Sulfato de cobre* *Sal* *Sacarosa*	*Agua* *Sulfato de cobre* *Sal* *Sacarosa*
4	*Sacarosa* *Sulfato de cobre* *Agua* *Cloruro de sodio*	*Agua* *Sulfato de cobre* *Sal* *Sacarosa*	*Agua* *Sulfato de cobre* *Sal* *Sacarosa*
5	*Agua* *Cloruro de sodio* *Azúcar* *Sulfato de cobre*	*Agua* *Sulfato de cobre* *Sal* *Sacarosa*	*Agua* *Sulfato de cobre* *Sal* *Sacarosa*

¿Qué conclusiones puede escribir acerca de la cantidad de materia, masa y volumen?

Equipo 1

Que aunque se estaba midiendo un mismo mol de materia, ésta era diferente para cada sustancia. Por ejemplo a nosotros nos dio mayor volumen el azúcar que las otras

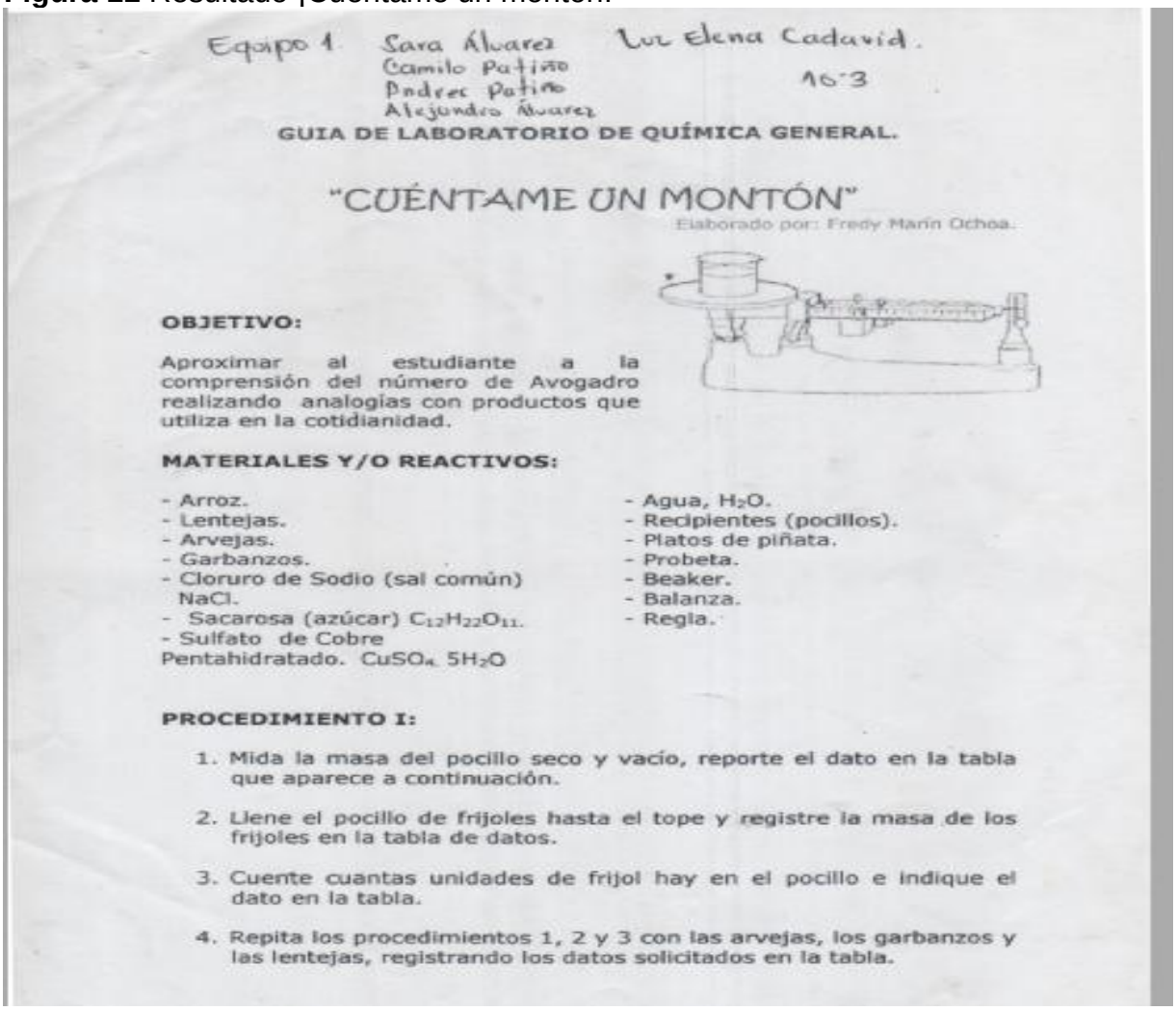
Equipo 2
Que la masa y el volumen dependen de la mol, hay más volumen en una mol de azúcar que en una mol de sal

Equipo 3
Que el volumen y la materia dependen del material, hay más masa y volumen en la sacarosa.

Equipo 4
Que una mol de agua tiene menos volumen y masa que las otras sustancias.

Equipo 5
Que una mol de azúcar tiene más volumen y masa que las otras

Figura 11 Resultado ¡Cuéntame un montón!



Equipo 1 Sara Álvarez Luz Elena Cadavid.
Camilo Patiño 10°3
Andrés Patiño
Alejandro Álvarez

GUIA DE LABORATORIO DE QUÍMICA GENERAL.

"CUÉNTAME UN MONTÓN"

Elaborado por: Fredy Marín Ochoa.

OBJETIVO:

Aproximar al estudiante a la comprensión del número de Avogadro realizando analogías con productos que utiliza en la cotidianidad.

MATERIALES Y/O REACTIVOS:

- Arroz.
- Lentejas.
- Arvejas.
- Garbanzos.
- Cloruro de Sodio (sal común) NaCl.
- Sacarosa (azúcar) $C_{12}H_{22}O_{11}$.
- Sulfato de Cobre Pentahidratado. $CuSO_4 \cdot 5H_2O$
- Agua, H_2O.
- Recipientes (pocillos).
- Platos de piñata.
- Probeta.
- Beaker.
- Balanza.
- Regla.

PROCEDIMIENTO I:

1. Mida la masa del pocillo seco y vacío, reporte el dato en la tabla que aparece a continuación.
2. Llene el pocillo de frijoles hasta el tope y registre la masa de los frijoles en la tabla de datos.
3. Cuente cuantas unidades de frijol hay en el pocillo e indique el dato en la tabla.
4. Repita los procedimientos 1, 2 y 3 con las arvejas, los garbanzos y las lentejas, registrando los datos solicitados en la tabla.

Figura 11 (Continuación)

TABLA DE DATOS 1.

Material	Masa (g)	Unidades	Observación	Dificultad
Pocillo	201 G			
Frijol	167	230	Fue fácil contarlos porque el frijol es muy grande	Fácil
Arvejas	201	782	Los integrantes del grupo nos unimos y nos tardó diez minutos contar las arvejas.	Media
Garbanzos	204	508	Fue similar al ejercicio de las arvejas por su equivalencia en tamaño	Media
Arroz	198	6.785	Nos tardó media hora en contar a los cinco integrantes del grupo. Fue muy complejo por el tamaño de arroz.	Complicada

PREGUNTA:

1. ¿Qué se puede concluir acerca de los datos obtenidos en la tabla anterior?

Equipo 1 Aunque las cantidades eran medidas con el mismo vaso de tinto, la cantidad de unidades de cada sustancia variaba notablemente.

Figura 11 (Continuación)

TABLA DE DATOS 2.

Material	Masa (g)
Probeta	
Agua	18 g
Sulfato de cobre	249.6
Sal	58.45
Sacarosa	346.11

Compare la cantidad de sustancia medida entre el agua, la Sacarosa, el cloruro de sodio y el sulfato de cobre pentahidratado y responde:

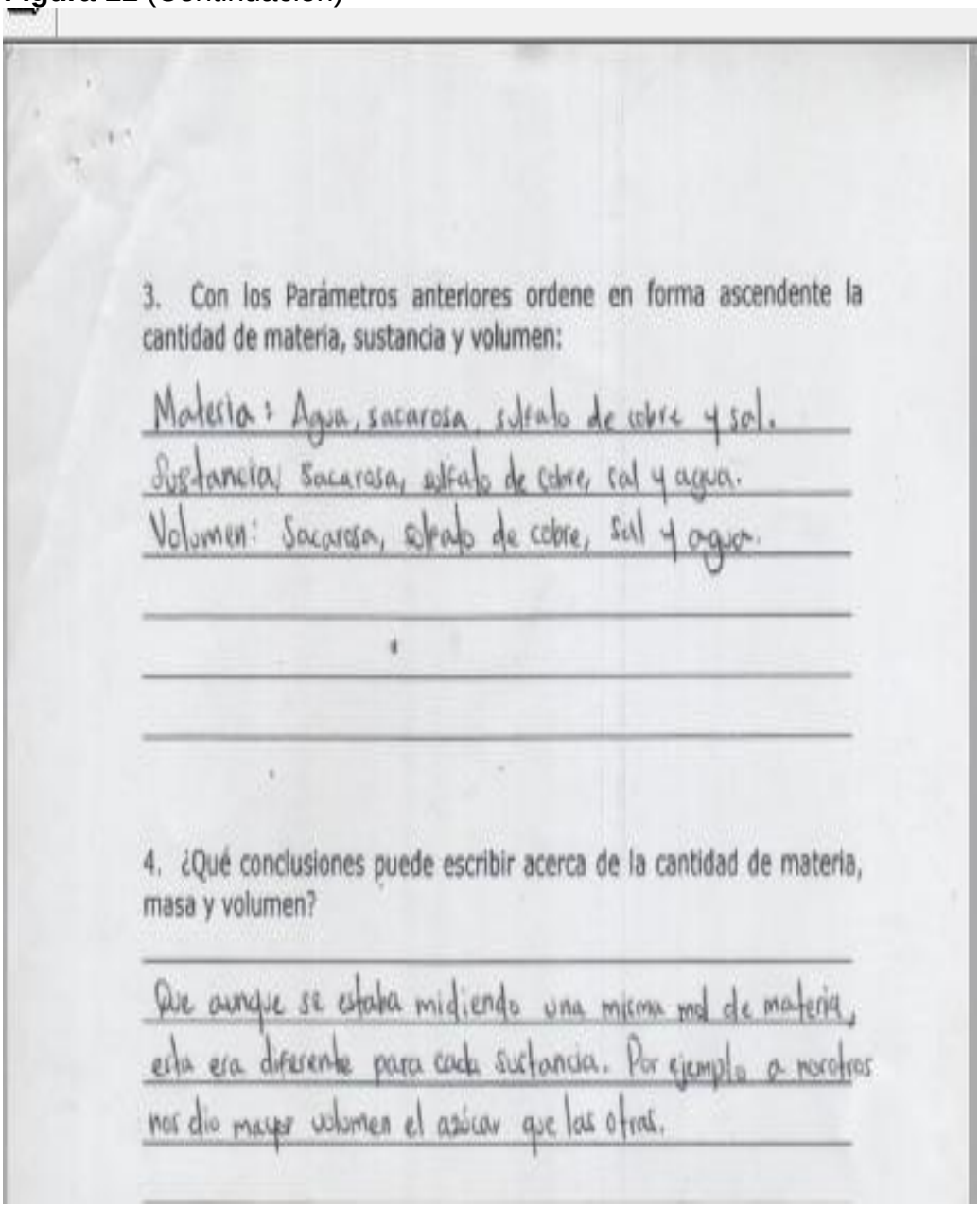
2. ¿Cuál de los materiales posee mayor cantidad de materia, sustancia y volumen?

MATERIA: el agua, debido a que no se ven las unidades

SUSTANCIA: Azúcar, ya que pesa más en la balanza.

VOLUMEN: Azúcar, ya que es el que ocupa más espacio en el recipiente

Figura 11 (Continuación)



3. Con los Parámetros anteriores ordene en forma ascendente la cantidad de materia, sustancia y volumen:

Materia: Agua, sacarosa, sulfato de cobre y sal.
Sustancia: Sacarosa, sulfato de cobre, sal y agua.
Volumen: Sacarosa, sulfato de cobre, sal y agua.

4. ¿Qué conclusiones puede escribir acerca de la cantidad de materia, masa y volumen?

Que aunque se estaba midiendo una misma mol de materia, esta era diferente para cada sustancia. Por ejemplo a nosotros nos dio mayor volumen el azúcar que las otras.

8.3.1.1 Análisis de resultados ¡Cuéntame un montón!

La primera pregunta, la cual busca que los estudiantes identifiquen la cantidad de unidades que se encuentran en un volumen estándar, para nuestro caso un vaso desechable de tinto, se evidencia que la población estudiada identifica que según el tamaño de las partículas hay diferente cantidad de unidades y que resulta complejo el conteo de cada una de ellas. Se observa la dificultad en el conteo de las unidades de los granos de arroz debido al tamaño que éstos poseen, y los estudiantes mencionan que por ésta razón se utiliza una cantidad en masa y no en

unidades para su comercialización. Se aprecia además que resultó relativamente sencillo el conteo de materiales grandes, como es el caso de los fríjoles. Las arvejas y los garbanzos tuvieron una dificultad media.

Otros comentarios de los estudiantes muestran que para el conteo de las unidades de arroz, se puede hacer un cálculo aproximado de la masa de un grano y luego dividir la masa total por dicho valor, obteniéndose el valor aproximado de la cantidad de unidades contenidas en el vaso. Por medio de esta actividad los estudiantes empezaron a relacionar el número de Avogadro como constante para el conteo de partículas.

La segunda pregunta, ¿Cómo podría contar las partículas que componen el agua? apunta a que el estudiante identifique las sustancias que no se pueden cuantificar fácilmente, se aprecia que el estudiante diferencia las sustancias que se pueden contar y las que resultan más complejas. Además reconocen que son partículas microscópicas y que por no poderse observar, se necesita de otros medios para su conteo.

Resultan interesantes algunas respuestas como la del equipo 3 que relaciona el estado de la materia del agua, es decir líquido como dificultad para el conteo de las partículas. Además el equipo 5 dice que el agua no posee partículas individuales para facilitar el conteo, de ésta forma se refleja que el estudiante diferencia las sustancias que se pueden contar y las que necesitan de otros medios, tal es el caso de la respuesta del equipo 2 que asegura que se necesitan de instrumentos tecnológicos como el microscopio. Esta pregunta permite al estudiante relacionar el mundo microscópico con el macroscópico y de ésta forma involucrar el concepto del número de Avogadro en la nueva estructura cognitiva.

Las preguntas 3 y 4 pretenden que los diferentes grupos categorizan los materiales utilizados de acuerdo a su volumen, sustancia y materia. Como se evidencia, los grupos presentan respuestas heterogéneas. Para el caso de la materia confunden el concepto con el tamaño de cada una de las unidades y no lo relacionan con la masa medida, es el caso del equipo 1 que presenta el agua como el de mayor cantidad de materia debido a la invisibilidad de sus partículas, de la misma forma lo plantea el equipo 3 y 5, que aseveran que el sulfato de cobre es mayor por el tamaño de sus gránulos. El equipo 4 plantea la sal como el de mayor materia por poseer menor tamaño de sus cristales. Sólo el equipo 2 escoge la sacarosa, llamándola azúcar, como el de mayor cantidad de materia y comentan que es por que pesa más, teniendo acertado el concepto. La cantidad de materia en los grupos estudiados es concebida como la cantidad de partículas y la relacionan con la forma de los cristales o gránulos de los materiales, sin tener en cuenta la masa de la sustancia.

Para la cantidad de sustancia los estudiantes relacionan el concepto con la cantidad de masa y no con la cantidad de partículas presentes, en todos los casos

presentan la sacarosa como de mayor masa, seguida por el sulfato de cobre, el cloruro de sodio y por último el agua. En cuanto al volumen los grupos poseen una acertada concepción, debido a que poseían materiales adecuados para su medición, como se puede evidenciar en los comentarios del grupo 1, que dicen que ocupa más volumen en el recipiente.

La última pregunta permite que los estudiantes saquen conclusiones sobre el ejercicio realizado en el laboratorio, se puede observar en los comentarios que los grupos poseen un acercamiento conceptual acertado al término de mol a pesar de las confusiones en la cantidad de materia y sustancia.

Conclusiones como la del equipo 1 que aseveran que aunque se estaba midiendo una mol de cada sustancia, ésta poseía diferente cantidad de masa y volumen, reconociendo que una mol de sacarosa contiene más cantidad de materia y volumen que las otras sustancias.

Los equipos 3 y 4 identifican la cantidad de sustancia relacionándola con las magnitudes macroscópicas, es decir la masa y el volumen, y mencionan que la una mol de agua tiene menos masa y volumen que las otras sustancias, aunque posea la misma cantidad de moles. El mismo razonamiento lo hace el equipo 4, pero con la sacarosa aduciendo que una mol de ésta posee más volumen y masa que las otras sustancias. Por último el equipo 2 arguye que dependiendo del material que se le mida su cantidad de sustancia, dependerá también el volumen y la masa.

Existe entre los grupos una confusión entre la cantidad de materia y de sustancia, en las conclusiones no se explicita el concepto cantidad de sustancia, lo asocian con el concepto de mol, el cual también es válido para el ejercicio. En cuanto al volumen diferencian claramente la relación entre cantidades de sustancia y volúmenes ocupados, además tienen claro que se está midiendo una misma cantidad de sustancia. Se evidencia la complejidad de los estudiantes para imaginar el paso de lo microscópico a lo macroscópico, siendo éste el mayor de los obstáculos epistemológicos para comprender el concepto de mol.

Luego de las diferentes intervenciones que se realizaron en la propuesta, los resultados finales se aprecian en la tabla 7, en la cual se describen los avances que han tenido los estudiantes en comparación al cuestionario inicial.

8.4 Actividades de aplicación
8.4.1 Análisis del cuestionario de post-conceptos

Tabla 7 Cuestionario de postconceptos

Pregunta/Grupo		10º1				10º2				10º3			
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	¿Conozco qué es un factor de conversión?	37.0	37.0	18.5	7.40	38.23	44.12	11.76	5.89	41.	44.1	2.94	11.7
2	¿Tengo claro como realizar un factor de conversión?	44.4	37.0	11,1	7.42	41.18	38.23	11.76	8.82	29.4	29.	29.4	11.7
3	Se demostrar que 9 x 10^3 m es igual a 9 km.	25.9	40.7	18.5	14.8	38,23	44.12	5.89	11.76	32.3	26.5	29.42	11.7
4	¿Conozco las unidades del S.I?. Enuncie las que conozco.	44.4	40.7	7.41	7.41	52,94	29.41	11.78	5.89	41.18	41.1	11.76	5.89
5	¿Sé hallar la masa molecular del HNO_3	29.6	33.3	18.5	18.5	50.00	38.23	5.89	5.89	47.06	35.2	5,89	11.7
6	Toda muestra de un elemento cuya masa en gramos sea numéricamente igual a su masa atómica contiene 6,023 x 10^{23} átomos ¿Conozco cómo se llama esa cantidad?	55.5	37.0	3.70	3.70	58.8	32.3	5.89	2.94	52.9	35.2	5.89	5.89
7	1 mol de N_2 tiene una masa de 28 g; y 1 mol de oxígeno molecular (O_2) tiene una masa de 32g.¿En cuál de las dos cantidades hay mayor cantidad de moléculas?	55.5	37.0	3.70	3.70	47.0	29.4	11.7	11.7	35.2	41.1	17.6	5.89
8	¿Conozco los términos gruesa, docena o canasta cuando voy al mercado? Enuncia los productos que se encuentran en éstas presentaciones.	77.7	18.5	3.70	0.00	47.0	41.1	11.7	0.0	47.0	41.	8.82	2.94
9	¿Conozco las medidas en las que se dan las recetas de cocina? Enuncia las que conoces.	40.7	40.7	14.8	3.71	47.0	38.2	11.7	2.94	44.1	41.1	11.7	2.94

Luego de las intervenciones realizadas, se observa un mejoramiento en el porcentaje en cuanto al cuestionario de pre-conceptos, éstos se analizan en las siguientes categorías.

- **Magnitudes físicas**

Las intervenciones propuestas, es el caso de la analogía del tablero de ajedrez, ayudaron al estudiante a recordar y manejar las relaciones entre unidad físicas, se aprecia que hubo un aumento considerable en el porcentaje en cuanto al manejo de factores de conversón y la relación con las unidades químicas .Además se evidencia en la tercera pregunta una mejor comprensión, debido que se aumenta el número de estudiantes que demuestran el resultado.

- **Naturaleza molecular**

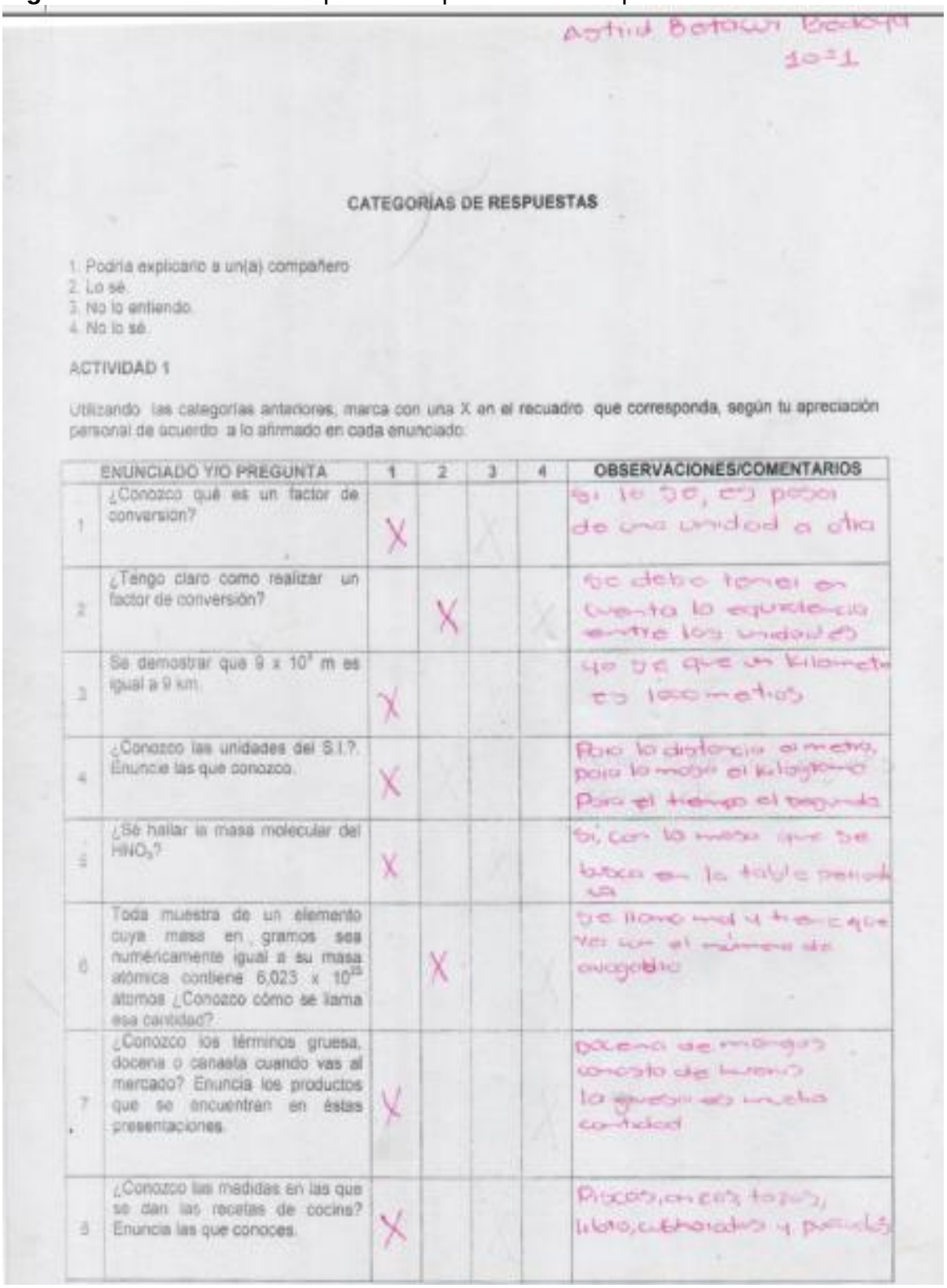
La actividad cuéntame un montón fue de vital importancia para el entendimiento por parte de los estudiantes de la naturaleza molecular, se evidencia en los estudiantes que demuestran el cálculo de masas moleculares y la relación con la masa molar, además se identifica en la pregunta número 6 el concepto de mol con la definición propuesta y se aprecia que más 70% de los estudiantes de cada grupo tiene claro, que en una mol de cualquier sustancia hay igual número de partículas.(Tabla 7)

- **Unidades análogas**

De igual manera que las categorías anteriores, los estudiantes relacionan las intervenciones realizadas y las asocian con unidades de manejo cotidiano. Se evidencia mayor claridad en las respuestas y en los comentarios se hacen aportes importantes como: La mol es entonces como la docena, se tienen relaciones de las unidades de uso común como la docena que equivale a 12 unidades y que a pesar de tener la misma cantidad tienen una masa y volumen diferente. De igual forma se toma la pizca como unidad patrón en la cocina o la cucharada.

A continuación se presenta un cuestionario de postconceptos donde se evidencia el avance por parte de la estudiante A. Betancur del grado 10º3 debido a las intervenciones(Ver figura 12), éste se puede comparar con la figura 5 donde se aprecian sus concepciones en el cuestionario de preconceptos.

Figura 12. Cuestionario de postconceptos elaborado por Astrid Betancur 10º1



Astrid Betancur Bedoya
10°1

CATEGORÍAS DE RESPUESTAS

1. Podría explicarlo a un(a) compañero
2. Lo sé.
3. No lo entiendo.
4. No lo sé.

ACTIVIDAD 1

Utilizando las categorías anteriores, marca con una X en el recuadro que corresponda, según tu apreciación personal de acuerdo a lo afirmado en cada enunciado:

	ENUNCIADO Y/O PREGUNTA	1	2	3	4	OBSERVACIONES/COMENTARIOS
1	¿Conozco qué es un factor de conversión?	X				si lo se, es pasar de una unidad a otra
2	¿Tengo claro como realizar un factor de conversión?		X			se debe tener en cuenta la equivalencia entre las unidades
3	Se demostrar que 9×10^3 m es igual a 9 km.	X				yo se que un kilometro es 1000 metros
4	¿Conozco las unidades del S.I.?. Enuncie las que conozco.	X				Para la distancia el metro, para la masa el kilogramo Para el tiempo el segundo
5	¿Sé hallar la masa molecular del HNO_3?	X				Si, con la masa que se busca en la tabla periodica
6	Toda muestra de un elemento cuya masa en gramos sea numéricamente igual a su masa atómica contiene $6{,}023 \times 10^{23}$ átomos ¿Conozco cómo se llama esa cantidad?		X			se llama mol y tiene que ver con el número de avogadro
7	¿Conozco los términos gruesa, docena o canasta cuando vas al mercado? Enuncia los productos que se encuentran en éstas presentaciones.	X				docena de mangos consta de doce lo gruesa es mucha cantidad
8	¿Conozco las medidas en las que se dan las recetas de cocina? Enuncia las que conoces.	X				Pocos, onzas tazas, litros, cucharadas y paradas

8.4.2. Mapa conceptual

Los estudiantes identifican en los mapas conceptuales una buena herramienta para el entendimiento del concepto de mol, además esta estrategia permite relacionar los subsunsores que se tenían, con el conocimiento introducido en las diferentes intervenciones, para de esta forma crear una nueva estructura cognitiva.

Se identifican algunos problemas a la hora de realizar los mapas, como es el caso de la ausencia de conectores lógicos entre los conceptos (Ver figura 13), además de la iteración de conceptos dentro del mapa que no permiten la buena jerarquización de las ideas(Ver figura 14).

Se encontró aproximadamente 10 conceptos alrededor de mol, lo cual indica que los estudiantes están relacionando los nuevos conocimientos con los saberes previos, evidenciando las teorías del aprendizaje significativo.

Aproximadamente el 45% de los mapas evidencian problema en los conectores lógicos, el 20% se acercaba a la buena jerarquización de las ideas, el 25% se encontraba con iteración de conceptos y el 20% restante poseía concepciones erróneas en la interpretación.

Figura 13 Mapa conceptual que presenta la jerarquía del concepto de mol con iteración de ideas. Elaborado por L.J Marín (grupo 10º3), adaptado en CmapsTools

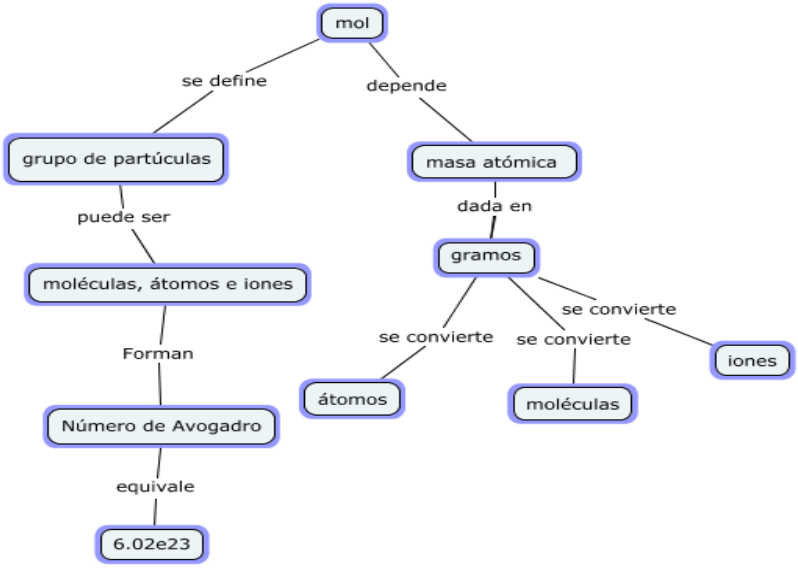


Figura 14. Mapa conceptual con conceptos errados, elaborado por Sara Álvarez (grupo 10º3), adaptado en CmapsTools

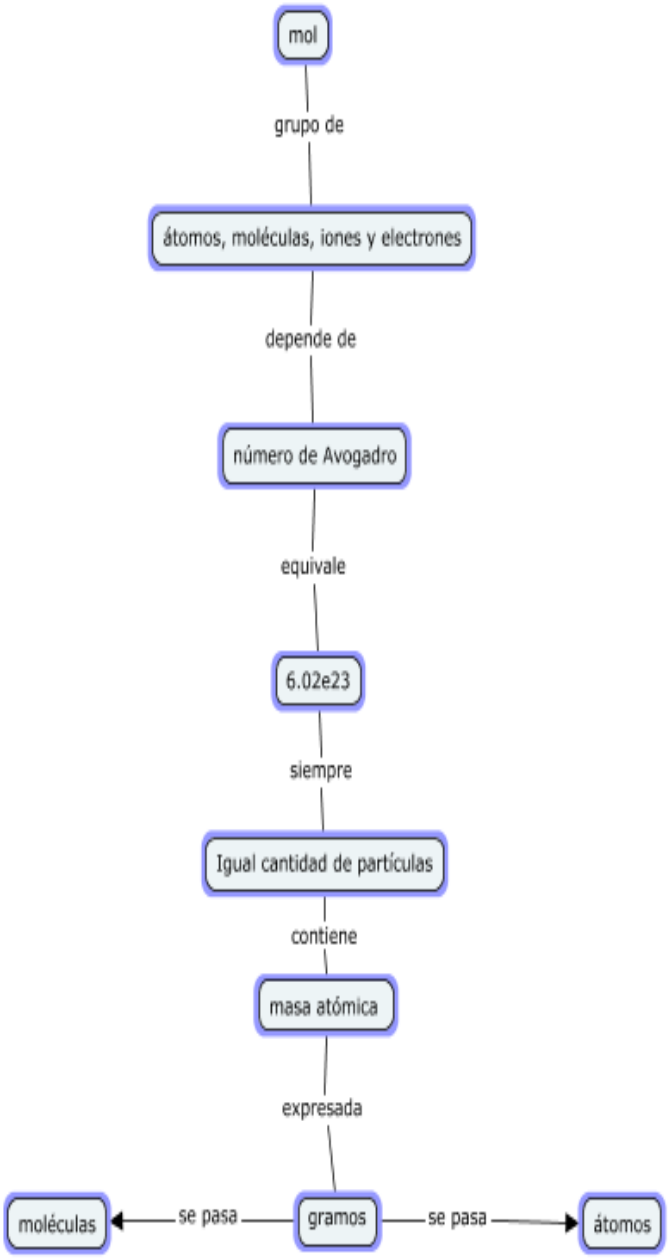


Figura 15 Mapa conceptual elaborado por Mayerlin Zapata Grupo 10º3

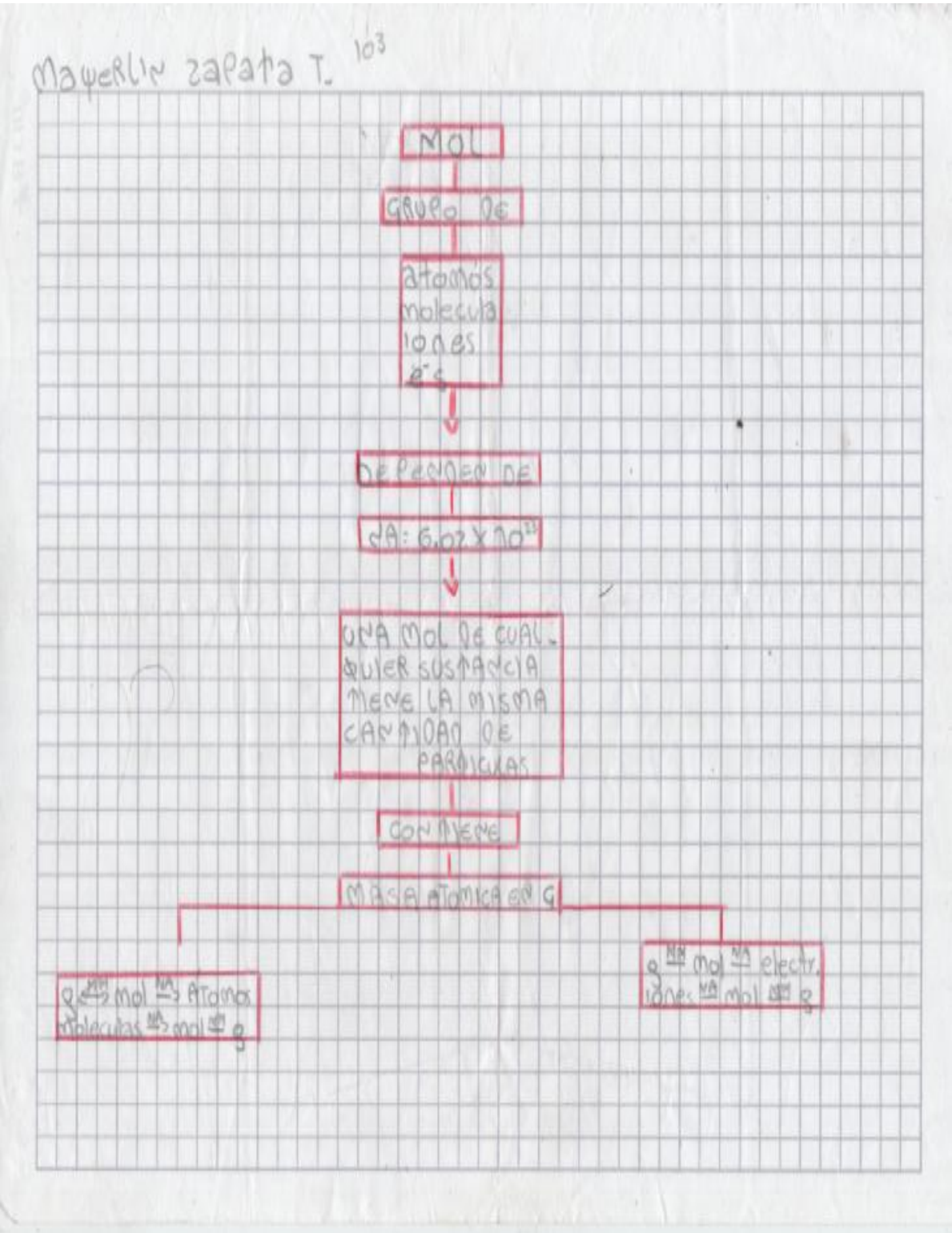
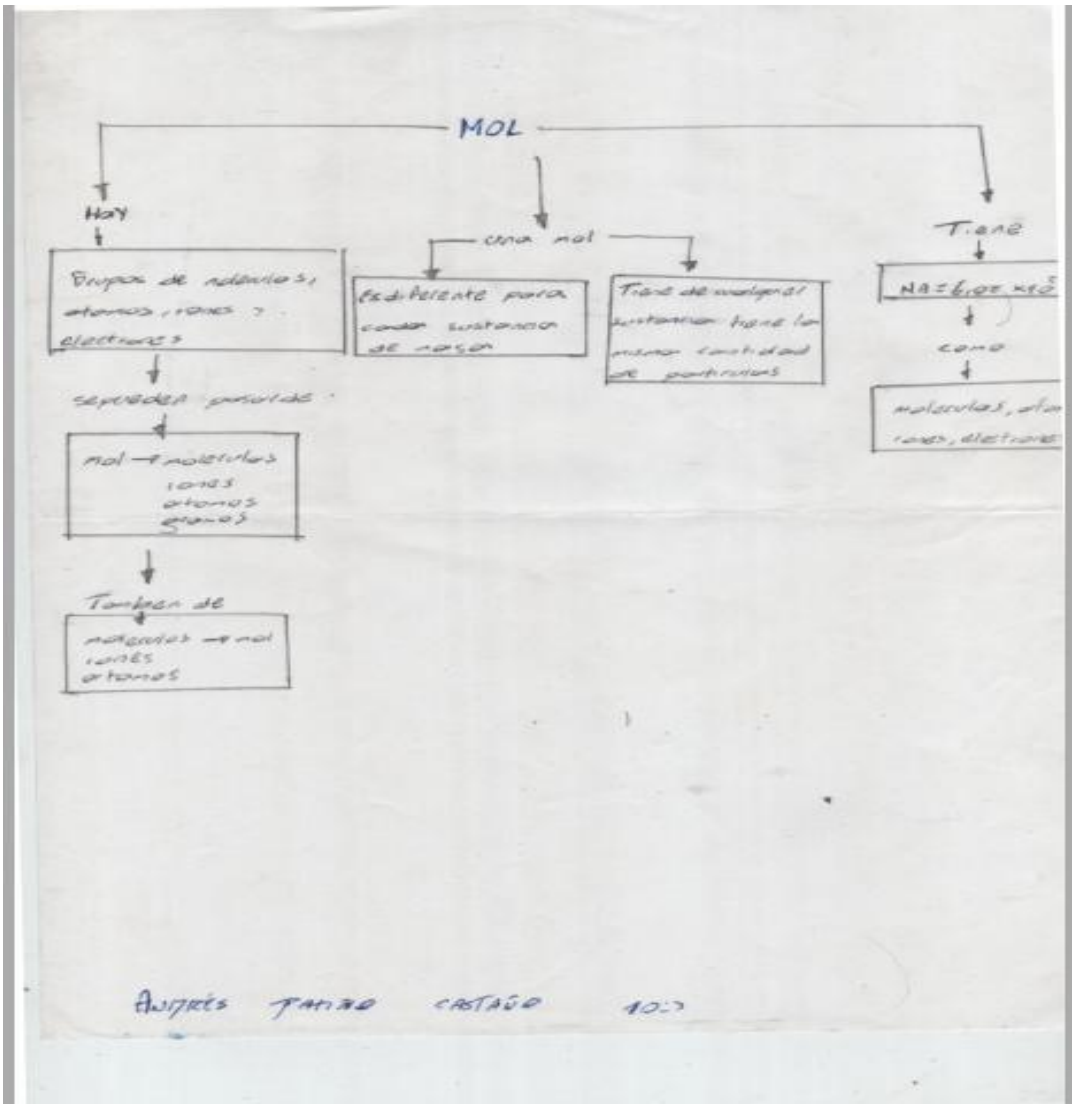


Figura 16. Mapa conceptual elaborado por Andrés Patiño Cataño del grado 10º2



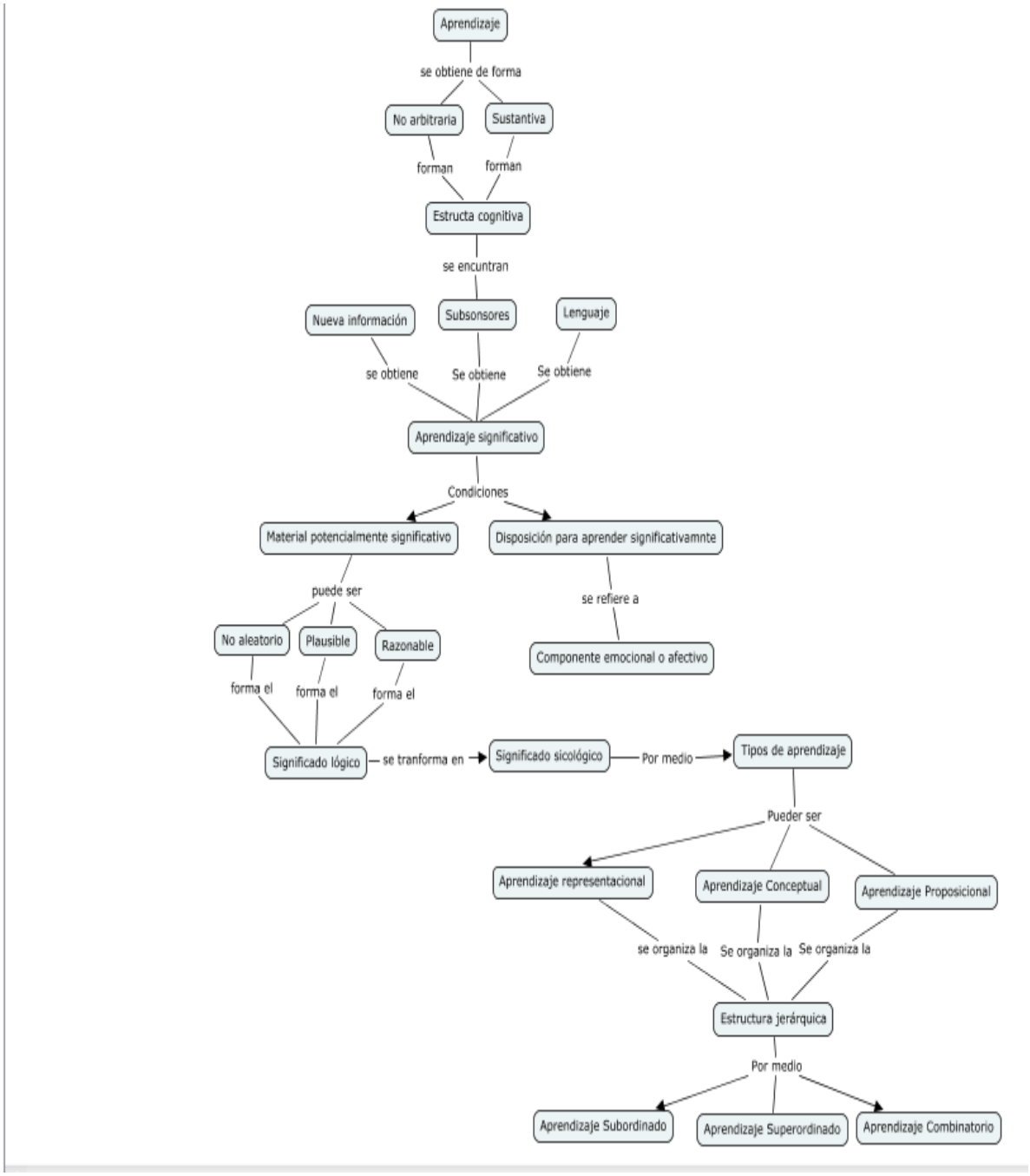
En el mapa realizado por L.J Marín , se evidencia buena jerarquización de las ideas del concepto de mol, como es el caso de la parte molecular hasta la molar, sin embargo se repiten conceptos como las partículas (átomos, moléculas e iones).

Por otro lado el mapa de la estudiante Sara Álvarez se refleja una concepción errada de las ideas, como se aprecia en la dependencia de la cantidad de partículas con la masa atómica.

A pesar del poco trabajo que han tenido los estudiantes del grado décimo con esta herramienta del aprendizaje significativo, los mapas conceptuales fueron de gran ayuda para la construcción de las ideas relacionadas con el concepto de mol. Además que sirvió como medio para la evaluación de los conocimientos adquiridos durante los pasos del ciclo de aprendizaje.

Finalmente como parte del análisis de los mapas conceptuales y de la teoría del aprendizaje significativo, se construye un mapa con las ideas básicas de la teoría de Ausubel (Ver figura 17.), éste parte de la adquisición del aprendizaje que debe ser de forma sustantiva y no arbitraria y de esta forma se establece la estructura cognitiva, que al relacionarse con la nueva información y con un lenguaje apropiado, resultan en el aprendizaje significativo. El proceso a su vez posee dos condiciones, que el estudiante tenga disposición para aprender significativamente y que el material sea potencialmente significativo. Luego el material debe ser lógico y se convierte en un significado sicológico para el estudiante, él cual ratifica su entendimiento a través de los tipos de aprendizaje, es decir, aprendizaje representacional, conceptual y proposicional. Por último se realiza una estructura jerárquica en la mente del estudiante a través del aprendizaje subordinado, superordinado y combinatorio para llegar finalmente a un aprendizaje significativo (Rodríguez, 2004).

Figura 17. Mapa conceptual de la teoría de aprendizaje significativo realizado en CmapsTools por Lalinde y Marín (2012).



9 Conclusiones

- Las intervenciones realizadas en el aula de clase presentaron un resultado satisfactorio con respecto al acercamiento del concepto de mol, esto se evidencia en las relaciones complejas que se hacen en los mapas conceptuales con respecto a los conceptos presentes en el cuestionario de pre-conceptos.

- Los estudiantes lograron identificar y jerarquizar las ideas relacionadas con el concepto de mol y determinar la importancia que tiene el estudio de éste en la química**.**

- Las analogías permitieron a los estudiantes tener un mejor acercamiento al concepto de mol, además de lograr de una forma didáctica la explicación de un concepto tan complejo.

- Los mapas conceptuales permitieron la evaluación de las ideas adquiridas por los estudiantes en cuanto al concepto, empero se debe realizar un trabajo interdisciplinario en las instituciones educativas para potenciar ésta herramienta del aprendizaje significativo.

- Los estudiantes presentaron dificultad a la hora de abordar conceptos complejos como la cantidad de sustancia, debido al grado de abstracción que se tiene en éste tipo de cantidades.

10 Recomendaciones

- En las aulas de clase es de vital importancia desarrollar unidades didácticas de los conceptos fundamentales en las ciencias naturales, por ejemplo las Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas (UEPS) planteadas por Marco Antonio Moreira.

- Se debe incorpora el uso de las TICs para el entendimiento de conceptos en las ciencias naturales, por ejemplo la utilización de laboratorios virtuales y software especializados en química.

- Los textos escolares deben reforzar el uso de analogías en conceptos complejos, como es el caso de mol, resulta paradójico que los textos universitarios contengan un material didáctico más amplio que los escolares.

- Es imprescindible que los docentes incursiones estrategias constructivistas en el aula de clase, que se profundicen diferentes conceptos y se aprehendan los diferentes conocimientos, de ésta forma el estudiante relacionará de forma más simple otros temas complejos.

- Se debe reforzar estrategias del aprendizaje significativo, como es el caso de los mapas conceptuales para la comprensión de conceptos complejos en las ciencias naturales

Anexos

A. Anexo: Cuestionario (pre y post) conceptos

CATEGORÍAS DE RESPUESTAS

1. Podría explicarlo a un(a) compañero
2. Lo sé.
3. No lo entiendo.
4. No lo sé.

ACTIVIDAD 1

Utilizando las categorías anteriores, marca con una X en el recuadro que corresponda, según tu apreciación personal de acuerdo a lo afirmado en cada enunciado:

ENUNCIADO Y/O PREGUNTA		1	2	3	4	OBSERVACIONES/COMENTARIOS
1	¿Conozco qué es un factor de conversión?					
2	¿Tengo claro como realizar un factor de conversión?					
3	Se demostrar que 9 x 10^3 m es igual a 9 km.					
4	¿Conozco las unidades del S.I.?. Enuncie las que conozco.					

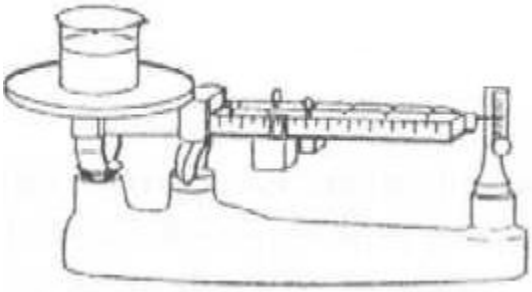
Tabla de pre y post conceptos (continuación)

5	¿Sé hallar la masa molecular del HNO_3?					
6	Toda muestra de un elemento cuya masa en gramos sea numéricamente igual a su masa atómica contiene 6,023 x 10^{23} átomos ¿Conozco cómo se llama esa cantidad?					
7	1 mol de N_2 tiene una masa de 28 g; y 1 mol de oxígeno molecular (O_2) tiene una masa de 32g.¿En cuál de las dos cantidades hay mayor cantidad de moléculas?					
8	¿Conozco los términos gruesa, docena o canasta cuando vas al mercado? Enuncia los productos que se encuentran en éstas presentaciones.					
9	¿Conozco las medidas en las que se dan las recetas de cocina? Enuncia las que conoces.					

B. Anexo: Guía de laboratorio de química general.

“CUÉNTAME UN MONTON”

Elaborado por: Fredy Marín Ochoa.
Andrés Felipe Lalinde Osorio
Luis Fernando Moreno Ariza



OBJETIVO:

Aproximar al estudiante a la comprensión del número de Avogadro realizando analogías con productos que utiliza en la cotidianidad.

MATERIALES Y/O REACTIVOS:

MATERIALES Y/O REACTIVOS:

- Arroz.
- Lentejas.
- Arvejas.
- Garbanzos.
- Cloruro de Sodio (sal común) NaCl.
- Sacarosa (azúcar) $C_{12}H_{22}O_{11}$.
- Sulfato de Cobre Pentahidratado. $CuSO_4 . 5H_2O$
- Agua, H_2O.
- Recipientes (pocillos).
- Platos de piñata.
- Probeta.
- Beaker.
- Balanza.
- Regla.

PROCEDIMIENTO I:

1. Mida la masa del pocillo seco y vacío, reporte el dato en la tabla que aparece a continuación.

2. Llene el pocillo de frijoles hasta el tope y registre la masa de los frijoles en la tabla de datos.

3. Cuente cuantas unidades de frijol hay en el pocillo e indique el dato en la tabla.

4. Repita los procedimientos 1, 2 y 3 con las arvejas, los garbanzos y las lentejas, registrando los datos solicitados en la tabla.

TABLA DE DATOS 1.

Material	Masa (g)	Unidades	Observación	Dificultad
Pocillo				
Frijol				
Arvejas				
Garbanzos				
Arroz				

PREGUNTA:

1. ¿Qué se puede concluir acerca de los datos obtenidos en la tabla anterior?

_____
_____
_____
_____
_____
_____

_____
_____
_____
_____
_____

PROCEDIMIENTO II:

1. Mida la masa de la probeta y registre el dato en la tabla de datos 2.

2. Deposite 18 ml de agua en la probeta y registre su masa en la tabla de datos 2.

¿Cómo podría contar las partículas que componen el agua?

_____
_____
_____
_____

3. Repite los pasos anteriores utilizando:
    a. 342.12g de Sacarosa
    b. 58.45 g de cloruro de sodio
    c. 159.58 g de Sulfato de cobre Pentahidratado.

TABLA DE DATOS 2.

Material	Masa (g)
Probeta	
Agua	

Compare la cantidad de sustancia medida entre el agua, la Sacarosa, el cloruro de sodio y el sulfato de cobre pentahidratado y responde:

2. ¿Cuál de los materiales posee mayor cantidad de materia, sustancia y volumen?

MATERIA:

_____
_____
_____

SUSTANCIA:

_____
_____
_____

VOLUMEN:

_____
_____
_____

3. Con los Parámetros anteriores ordene en forma ascendente la cantidad de materia, sustancia y volumen:

_____
_____
_____

4. ¿Qué conclusiones puede escribir acerca de la cantidad de materia, masa y volumen?

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

C. Anexo: Guía didáctica de química general

Elaborado por: Fredy Marín, Andrés Lalinde y Luis Fernando Moreno

Adaptación de la propuesta "Analogías para la enseñanza del concepto de mol y número de Avogadro" de Aguirre Pérez, et al.(2009)

¡Detrás del ajedrez, se esconde un gran número!

Lee con atención el siguiente relato (Tomado del hombre que calculaba, Malba Tahan. Bogotá, ed. Panamericana, 1999)

CAPITULO XVI

Donde se cuenta la famosa leyenda sobre el origen del juego del ajedrez, que Beremiz Samir, el Hombre que Calculaba, narra al Califa de Bagdad, Al-Motacén Billah, Emir de los Creyentes.

Difícil será descubrir, dada la incertidumbre de los documento santiguos, la época precisa en que vivió y reinó en la India un príncipe llamado Iadava, señor de la provincia de Taligana. Sería, sin embargo, injusto ocultar que el nombre de dicho monarca es señalado por varios historiadores hindúes como uno de los soberanos más ricos y generosos de su tiempo.

La guerra, con su cortejo fatal de calamidades, amargó la existencia del rey Iadava, transformando el ocio y gozo de la realeza en otras más inquietantes tribulaciones. Adscrito al deber que le imponía la corona, de velar por la tranquilidad de sus súbditos, nuestro buen y generoso monarca se vio obligado a empuñar la espada para rechazar, al frente de su pequeño ejército, un ataque insólito y brutal del aventurero Varangul, que se hacía llamar príncipe de Calián.

El choque violento de las fuerzas rivales cubrió de cadáveres los campos de Dacsina, y ensangrentó las aguas sagradas del río Sabdhu. El rey Ladava poseía, según lo que de él nos dicen los historiadores, un talento militar no frecuente. Sereno ante la inminente invasión, elaboró un plan de batalla, y tan hábil y tan feliz

fue al ejecutarlo, que logró vencer y aniquilar por completo a los pérfidos perturbadores de la paz de su reino.

El triunfo sobre los fanáticos de Varangul le costó desgraciadamente duros sacrificios. Muchos jóvenes xatrias pagaron con su vida la seguridad del trono y el prestigio de la dinastía. Entre los muertos, con el pecho atravesado por una flecha, quedó en el campo de combate el príncipe Adjamir, hijo del rey ladava, que se sacrificó patrióticamente en lo más encendido del combate para salvar la posición que dio a los suyos la victoria.

Terminada la cruenta campaña y asegurada la nueva línea de fronteras, regresó el rey a su suntuoso palacio de Andra. Impuso sin embargo la rigurosa prohibición de celebrar el triunfo con las ruidosas manifestaciones con que los hindúes solían celebrar sus victorias.
Encerrado en sus aposentos, sólo salía de ellos para oír a sus ministros y sabios brahmanes cuando algún grave problema lo llamaba a tomar decisiones en interés de la felicidad de sus súbditos.

Con el paso del tiempo, lejos de apagarse los recuerdos de la penosa campaña, la angustia y la tristeza del rey se fueron agravando. ¿De qué le servían realmente sus ricos palacios, sus elefantes de guerra, los tesoros inmensos que poseía, si ya no tenía a su lado a aquél que había sido siempre la razón de ser de su existencia? ¿Qué valor podrían tener a los ojos de un padre inconsolable las riquezas materiales que no apagan nunca la nostalgia del hijo perdido?

El rey no podía olvidar las peripecias de la batalla en que murió Adjamir. El desgraciado monarca se pasaba horas y horas trazando en una gran caja de arena las maniobras ejecutadas por sus tropas durante el asalto. Con un surco indicaba la marcha de la infantería; al otro lado, paralelamente, otro trazo mostraba el avance de los elefantes de guerra. Un poco más abajo, representada por perfilados círculos dispuestos con simetría, aparecía la caballería mandada por un viejo radj, que decía gozar de la protección de Techandra, diosa de la Luna. Por medio de otras líneas esbozaba el rey la posición de las columnas enemigas desventajosamente colocadas, gracias a su estrategia, en el campo en que se libró la batalla decisiva.

Una vez completado el cuadro de los combatientes con todas las menudencias que recordaba, el rey borraba todo para empezar de nuevo, como si sintiera el íntimo gozo de revivir los momentos pasados en la angustia y la ansiedad. A la hora temprana en que llegaban al palacio los viejos brahmanes para la lectura de los Vedas, ya el rey había trazado y borrado en su cajón de arena el plano de la batalla que se reproducía interminablemente.

¡Desgraciado monarca!, murmuraban los sacerdotes afligidos. Obra como un sudra a quien Dios privara de la luz de la razón. Sólo Dhanoutara, poderosa y clemente, podría salvarlo. Y los brahmanes rezaban por él, quemaban raíces

aromáticas implorando a la eterna celadora de los enfermos que amparase al soberano de Taligana.

Un día, al fin, el rey fue informado de que un joven brahmán -pobre y modesto- solicitaba audiencia. Ya antes lo había intentado varias veces pero el rey se negaba siempre alegando que no estaba en disposición de ánimo para recibir a nadie. Pero esta vez accedió a la petición y mandó que llevaran a su presencia al desconocido. Llegado a la gran sala del trono, el brahmán fue interpelado, conforme a las exigencias de ritual, por uno de los visires del rey.

¿Quién eres? ¿De dónde vienes? ¿Qué deseas de aquel que por voluntad de Vichnú es rey y señor de Taligana?

Mi nombre, respondió el joven brahm12án, es Lahur Sessa y procedo de la aldea de Namir que dista treinta días de marcha de esta hermosa ciudad. Al rincón donde vivía llegó la noticia de que nuestro bondadoso señor pasaba sus días en medio de una profunda tristeza, amargado por la ausencia del hijo que le había sido arrebatado por la guerra. Gran mal será para nuestro país, pensé, si nuestro noble soberano se encierra en sí mismo sin salir de su palacio, como un brahmán ciego entregado y a su propio dolor. Pensé, pues, que convenía inventar un juego que pudiera distraerlo y abrir en su corazón las puertas de nuevas alegrías. Y ese es el humilde presente que vengo ahora a ofrecer a nuestro rey ladava.

Como todos los grandes príncipes citados en esta o aquella página de la historia, tenía el soberano hindú el grave defecto de ser muy curioso. Cuando supo que el joven brahmán le ofrecía como presente un nuevo juego desconocido, el rey no pudo contener el deseo de verlo y apreciar sin más demora aquel obsequio.

Lo que Sessa traía al rey ladava era un gran tablero cuadrado dividido en sesenta y cuatro cuadros o casillas iguales. Sobre este tablero se colocaban, no arbitrariamente, dos series de piezas que se distinguían una de otra por sus colores blanco y negro. Se repetían simétricamente las formas ingeniosas de las figuras y había reglas curiosas para moverlas de diversas maneras.

Sessa explicó pacientemente al rey, a los visires y a los cortesanos que rodeaban al monarca, en qué consistía el juego y les explicó las reglas esenciales:

Cada jugador dispone de ocho piezas pequeñas: los "peones". Representan la infantería que se dispone a avanzar hacia el enemigo para desbaratarlo. Secundando la acción de los peones, vienen los "elefantes de guerra", representados por piezas mayores y más poderosos. La "caballería", indispensable en el combate, aparece igualmente en el juego simbolizada por dos piezas que pueden saltar como dos corceles sobre las otras. Y, para intensificar el ataque, se incluyen los dos "visires" del rey, que son dos guerreros llenos de nobleza y prestigio. Otra pieza, dotada de amplios movimientos, más eficiente y poderosa que las demás, representará el espíritu de nacionalidad del pueblo y se

llamará la "reina". Completa la colección una pieza que aislada vale poco pero que es muy fuerte cuando está amparada por las otras. Es el "rey". El rey Iadava, interesado por las reglas del juego, no se cansaba de interrogar al inventor:

¿Y por qué la reina es más fuerte y más poderosa que el propio rey?
Es más poderosa, argumentó Sessa, porque la reina representa en este juego el patriotismo del pueblo. La mayor fuerza del trono reside principalmente en la exaltación de sus súbditos. ¿Cómo iba a poder resistir el rey el ataque de sus adversarios si no contase con el espíritu de abnegación y sacrificio de los que le rodean y velan por la integridad de la patria?

Al cabo de pocas horas, el monarca, que había aprendido con rapidez todas las reglas del juego, lograba ya derrotar a sus visires en una partida impecable.

Sessa intervenía respetuoso de cuando en cuando para aclarar una duda o sugerir un nuevo plan de ataque o de defensa. En un momento dado observó el rey, con gran sorpresa, que la posición de las piezas, tras las combinaciones resultantes de los diversos lances, parecía reproducir exactamente la batalla de Dacsina.

Observad, le dijo el inteligente brahmán, que para obtener la victoria resulta indispensable el sacrificio de este visir... E indicó precisamente la pieza que el rey Iadava había estado a lo largo de la partida defendiendo o preservando con mayor empeño.
El juicioso Sessa demostraba así que el sacrificio de un príncipe viene a veces impuesto por la fatalidad para que de él resulten la paz y la libertad de un pueblo.

Al oír tales palabras, el rey Iadava, sin ocultar el entusiasmo que embargaba su espíritu, dijo:

¡No creo que el ingenio humano pueda producir una maravilla comparable a este juego tan interesante e instructivo! Moviendo estas piezas tan sencillas, acabo de aprender que un rey nada vale sin el auxilio y la dedicación constante de sus súbditos, y que a veces, el sacrificio de un simple peón vale tanto como la pérdida de una poderosa pieza para obtener la victoria.

Y dirigiéndose al joven brahmán, le dijo:

Quiero recompensarte, amigo mío, por este maravilloso regalo que tanto me ha servido para el alivio de mis viejas angustias. Dime, pues, qué es lo que deseas, dentro de lo que yo pueda darte, a fin de demostrar cuán agradecido soy a quienes se muestran dignos de recompensa.

Las palabras con que el rey expresó su generoso ofrecimiento dejaron a Sessa imperturbable. Su fisonomía serena no reveló la menor agitación, la más insignificante muestra de alegría o de sorpresa. Los visires le miraban atónitos y pasmados ante la apatía del brahmán.

¡Poderoso señor!, replicó el joven mesuradamente pero con orgullo. No deseo más recompensa por el presente que os he traído, que la satisfacción de haber proporcionado un pasatiempo al señor de Taligana a fin de que con él alivie las horas prolongadas de la infinita melancolía. Estoy pues sobradamente recompensado, y cualquier otro premio sería excesivo.

Sonrió desdeñosamente el buen soberano al oír aquella respuesta que reflejaba un desinterés tan raro entre los ambiciosos hindúes, y no creyendo en la sinceridad de las palabras de Sessa, insistió:

Me causa asombro tanto desdén y desamor a los bienes materiales, ¡oh joven! La modestia, cuando es excesiva, es como el viento que apaga la antorcha y ciega al viajero en las tinieblas de una noche interminable. Para que pueda el hombre vencer los múltiples obstáculos que la vida le presenta, es preciso tener el espíritu preso en las raíces de una ambición que lo impulse a una meta. Exijo por tanto, que escojas sin demora una recompensa digna de tu valioso obsequio. ¿Quieres una bolsa llena de oro? ¿Quieres un arca repleta de joyas? ¿Deseas un palacio? ¿Aceptarías la administración de una provincia? ¡Aguardo tu respuesta y queda la promesa ligada a mi palabra!

Rechazar vuestro ofrecimiento tras lo que acabo de oír, respondió Sessa, sería menos descortesía que desobediencia. Aceptaré pues la recompensa que ofrecéis por el juego que inventé. La recompensa habrá de corresponder a vuestra generosidad. No deseo, sin embargo, ni oro, ni tierras, ni palacios. Deseo mi recompensa en granos de trigo.

¿Granos de trigo?, exclamó el rey sin ocultar su sorpresa ante tan insólita petición. ¿Cómo voy a pagarte con tan insignificante moneda?-Nada más sencillo, explicó Sessa. Me daréis un grano de trigo para la primera casilla del tablero; dos para la segunda; cuatro para la tercera; ocho para la cuarta; y así, doblando sucesivamente hasta la sexagésima y última casilla del tablero. Os ruego, ¡oh rey!, de acuerdo con vuestra magnánima oferta, que autoricéis el pago en granos de trigo tal como he indicado…

No sólo el rey sino también los visires, los brahmanes, todos los presentes se echaron a reír estrepitosamente al oír tan extraña petición. El desprendimiento que había dictado tal demanda era en verdad como para causar asombro a quien menos apego tuviera a los lucros materiales de la vida. El joven brahmán, que bien había podido lograr del rey un palacio o el gobierno de una provincia, se contentaba con granos de trigo.

¡Insensato!, exclamó el rey. ¿Dónde aprendiste tan necio desamora la fortuna? La recompensa que me pides es ridícula. Bien sabes que en un puñado de trigo hay un número incontable de granos. Con dos o tres medidas te voy a pagar sobradamente, según tu petición de ir doblando el número de granos a cada

casilla del tablero. Esta recompensa que pretendes no llegará ni para distraer durante unos días el hambre del último paria de mi reino. Pero, en fin, mi palabra fue dada y voy a hacer que te hagan el pago inmediatamente de acuerdo con tu deseo.

Mandó el rey llamar a los algebristas más hábiles de la corte yo ordenó que calcularan la porción de trigo que Sessa pretendía. Los sabios calculadores, al cabo de unas horas de profundos estudios, volvieron al salón para someter al rey el resultado completo de sus cálculos.

El rey les preguntó, interrumpiendo la partida que estaba jugando:
¿Con cuántos granos de trigo voy a poder al fin corresponder a la promesa que hice al joven Sessa?

¡Rey magnánimo!, declaró el más sabio de los matemáticos. Calculamos el número de granos de trigo y obtuvimos un número cuya magnitud es inconcebible para la imaginación humana.

Calculamos en seguida con el mayor rigor cuántas ceiras correspondían a ese número total de granos y llegamos a la siguiente conclusión: el trigo que habrá que darle a Lahur Sessa equivale a una montaña que teniendo por base la ciudad de Taligana se alce cien veces más alta que el Himalaya. Sembrados todos los campos de la India, no darían en dos mil siglos la cantidad de trigo que según vuestra promesa corresponde en derecho al joven Sessa.

¿Cómo describir aquí la sorpresa y el asombro que estas palabras causaron al rey Iadava y a sus dignos visires? El soberano hindú se veía por primera vez ante la imposibilidad de cumplir la palabra dada.

Lahur Sessa dicen las crónicas de aquel tiempo, como buen súbdito no quiso afligir más a su soberano. Después de declarar públicamente que olvidaba la petición que había hecho y liberaba al rey de la obligación de pago conforme a la palabra dada, se dirigió respetuosamente al monarca y habló así:

Meditad, ¡oh rey!, sobre la gran verdad que los brahmánes prudentes tantas veces dicen y repiten; los hombres más inteligentes se obcecan a veces no solo ante la apariencia engañosa de los números sino también con la falsa modestia de los ambiciosos. Infeliz aquel que toma sobre sus hombros el compromiso de una deuda cuya magnitud no puede valorar con la tabla de cálculo de su propia inteligencia. ¡Más inteligente es quien mucho alaba y poco promete!

Y tras ligera pausa, añadió:

¡Menos aprendemos con la ciencia vana de los brahmanes que con la experiencia directa de la vida y de sus lecciones constantes, tantas veces desdeñadas! El hombre que más vive, más sujeto está a las inquietudes morales, aunque no las quiera. Se encontrará ahora triste, luego alegre, hoy fervoroso, mañana tibio; ora

activo, ora perezoso; la compostura alternará con la liviandad. Sólo el verdadero sabio instruido en las reglas espirituales se eleva por encima de esas vicisitudes y por encima de todas las alternativas.

Estas inesperadas y tan sabias palabras penetraron profundamente en el espíritu del rey. Olvidando la montaña de trigo que sin querer había prometido al joven brahmán, le nombró primer visir. Y Lahur Sessa, distrayendo al rey con ingeniosas partidas de ajedrez y orientándolo con sabios y prudentes consejos, prestó los más señalados beneficios al pueblo y al país, para mayor seguridad del trono y mayor gloria de su patria.

A todos causó gran alegría el acto de magnanimidad del soberano de Bagdad. Los cortesanos que permanecían en el salón eran amigos del visir Maluf y del poeta Iezid. Oyeron pues con simpatía las palabras del hombre que Calculaba. Beremiz, después de agradecer al soberano los presentes con que acababa de distinguirle, se retiró del salón. El Califa iba a iniciar el estudio y juicio de diversos casos, a oír a los honrados cadíes y a emitir sus sabias sentencias.(Tomado de El Hombre que calculaba, Malba Tahan)

Responde las siguientes preguntas

1. Según la lectura anterior, llena el siguiente tablero de ajedrez con las respectivas cifras de granos de trigo que pedía Sessa

2. ¿Las casillas tienen una progresión definida? Demuestra

3. ¿Cómo es el último número comparado con el número de Avogadro?

4. ¿En qué razón se encuentran estos dos números?

5. ¿Cuántas casillas se necesitan para llegar al número de Avogadro?

6. Si se sabe que 1000 granos de trigo tienen una masa aproximada de 30g. ¿Cuál es la masa de la cantidad pedida por Sessa?

7. ¿Cuál es la masa de una mol de granos de trigo?

8. Si la producción mundial de trigo es de aproximadamente 610 millones de toneladas por año ¿Cuántos años se tardaría en alcanzar la cantidad pedida por Sessa?

9. ¿Cuántos años se tardaría en cultivar una mol de granos de trigo?

Bibliografía

1. AGUIRRE, C., VÁZQUEZ, A. y FERNÁNDEZ, R. (2009). Analogías para la enseñanza de los conceptos de mol y número de Avogadro. Enseñanza de las Ciencias, número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, p. 628-633
2. ALDANA,J.(2011).Estrategia de aula para generar el aprendizaje significativo del concepto de mol y desarrollar habilidades de pensamiento para la solución de problemas en química. Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá
3. AUBAD, A; GARCÍA, A. y ZAPATA, R (1985). Hacía la química 1. Bogotá: Temis S.A.
4. AUSUBEL, D.P., NOVAK, J.D. y HANESIAN, H. (1989). Psicología educativa. México: Trillas.
5. AZCONA, R. (1997). «Análisis crítico de la enseñanza-aprendizaje de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol. Una alternativa didáctica basada en el aprendizaje por investigación». Tesis doctoral. San Sebastián: Facultad de Ciencias químicas. Universidad del País Vasco
6. BOWEN, C (1994). Think-aloud methods in Chemistry education Journal of Chemical Education, 71(3), p. 184-190.
7. BURNS, R. (2003). Fundamentos de química México DF: Ed. Pearson
8. CÁRDENAS, F.(1996). Química y ambiente 10º .México:Ed. Mc Graw Hill
9. CASTELBLANCO, M.(2003). Química 1. Bogotá: Ed. Norma
10. DIERKS, W. (1981). Teaching the mole. European Journal of Science Education, p 145-158.
11. FERNÁNDEZ, J; GONZÁLEZ, B; MORENO, T. (2003): Las analogías como modelo y como recurso en la enseñanza de las ciencias. Alambique, Nº 35
12. FURIÓ, C.(2001). La enseñanza-aprendizaje de las ciencias como investigación: un modelo emergente, en Guisasola, J.y Pérez de Eulate, L. (ed). Investigaciones en didáctica de las ciencias experimentales basadas en el modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación orientada. Bilbao: Universidad del País Vasco

13. GUTIERRÉZ, L.(1996). Química 1 Grado 10º. Educar editores
14. GÓMEZ, M(1988). Investiguemos 10. Bogotá: Ed Voluntad
15. GIL, D, CARRASCOS, J, Furió, C. y MARTÍNEZ, J. (1991). La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria. Barcelona: ICE-Horsori.
16. JORBA, J., SANMARTÍ, N. (1996). Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de evaluación continua: Propuestas didácticas para las áreas de las ciencias naturales y matemáticas. Barcelona: Ministerio de educación y cultura.
17. JENSEN, W.B. (1998). Logic, History, and the Chemistry Textbook I, does Chemistry have a Logic Structure? Journal of Chemical Education, 817-828
18. MAHAN,B. Química Curso Universitario (1968). EEUU: Fondo Educativo Interamericano. p.16-18
19. MASTERTON, W.(1989). Química General Superior. México DF: Ed Mc Graw Hill
20. MONDRAGÓN, C (2010). Hipertexto química. Bogotá: Ed Santillana
21. MOREIRA, M.A(2010). Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativias(UEPS). Sao Paulo:Ed Centauro
22. NOVAK, J.D., GOWIN, D.B. (1988). Aprendiendo a aprender. Barcelona: Martínez Roca.
23. NOVAK, J.D. (1991). Ayudar a los alumnos a aprender cómo aprender- la opinión de un profesor-investigador. Enseñanza de las ciencias
24. PEDROZO, J. (2000). Exploremos la química Ed. Prentice Hall
25. REBOIRAS, MD. (2006). Química, La ciencia básica Madrid: Ed. Thomson
26. RESTREPO, F y RESTREPO, J (1989). Hola química. Envigado: Susaeta.
27. RODRÍGUEZ,M
28. TAHAN, M. (1999). El hombre que calculaba, Bogotá, ed. Panamericana,
29. TIMBERLAKE,K.(2008). Química.México D.F: Ed Pearson

.

.