

# GÓNDOLA

ISSN 2145-4981

Vol 5 No 2 Diciembre 2010 Pp 55-66

---

## IMPLEMENTACION DE LA ESTRATEGIA “APRENDIZAJE POR INVESTIGACION” MEDIANTE UN PROBLEMA EXPERIMENTAL DE ESTEQUIOMETRIA

### IMPLEMENTATION OF THE STRATEGY "RESEARCH LEARNING" THROUGH AN EXPERIMENTAL PROBLEM OF ESCHEOMOMETRY

Liz Ledier Aldana Granados  
lizl\_22@hotmail.com  
Jenny Marcela Mikan Castro  
sailorjenny83@hotmail.com  
Diego Javier Mejia Serna<sup>1</sup>  
djmejia09@hotmail.com

#### RESUMEN

El trabajo desarrollado en el laboratorio describe una estrategia reconocida como “Aprendizaje por Investigación” que se genera a partir de un problema experimental de estequiometria donde el principio fundamental a implementar es la investigación. El problema a resolver es la determinación de la cantidad de Bicarbonato de Sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) en una muestra de Alka-seltzer® por dos métodos distintos; método por pérdida de masa y método de recolección de gases para luego dar validez a los resultados a partir de la repetición, determinar la precisión y la exactitud de los resultados, parámetros útiles para analizar los valores obtenidos. Esta propuesta que posibilita la participación activa, autónoma del estudiante, mejora sus procesos de construcción de conceptos y desarrollo de habilidades y destrezas.

*Palabras clave: Estequiometria, aprendizaje por investigación, resolución de problemas experimentales.*

#### ABSTRACT

The work developed in the laboratory describes a recognized Science-Education strategy known as “Inquiry-based learning”. This is generated from an experimental stoichiometry problem whose main aim is to carry out an investigation. The problem of this project is to determine the sodium bicarbonate quantity in an Alka-Seltzer through two different methods: mass loss and gas collection. This proposal that makes it possible the students autonomous and active participation, improves the building conceptions processes and develops students skills.

*Key words: stoichiometry, Inquiry-based learning, experimental problems solution.*

---

<sup>1</sup> Grupo de estudiantes de la Maestría en la Enseñanza de las Ciencias exactas y naturales Universidad Nacional de Colombia.

## Introducción

La estrategia didáctica que se plantea pretende orientar el aprendizaje como una investigación, específicamente con un problema de investigación que posibilitara la construcción de conocimientos científicos en los estudiantes y que la investigación se convierta en parte fundamental de la actividad docente. Es así como se podría pensar en una escuela de pensamiento en la que los estudiantes y profesores piensen y transformen la realidad educativa investigando, experimentando e innovando sobre los problemas y realidades de la educación en ciencias.

La enseñanza de la ciencia y de la Química en particular desde una perspectiva investigativa; deberá por tanto la investigación; cualificar el contenido y la práctica de la docencia y estar orientada, de un lado, a generar conocimientos, técnicas y artes, o a comprobar aquellas que ya forman parte del saber y de las actividades del hombre, y a crear y adecuar tecnología; de otro lado, la investigación debe asumirse como procedimiento necesario para el desarrollo del conocimiento y de la praxis, y constituirse como recurso metodológico del proceso de enseñanza.

Como estrategia de aprendizaje por investigación se utilizará un problema experimental que consiste en determinar la cantidad de Bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) en una pastilla de Alka-seltzer® y presentar una respuesta si pueden dos métodos diferentes servir, para determinar la cantidad. Luego se realizará la contrastación de datos experimentales por medio del tratamiento estadístico.

Esta es una forma de abordar el trabajo experimental en el laboratorio donde el maestro orientará el aprendizaje de sus estudiantes como una construcción de conocimiento científico, es decir, como una investigación; en un ambiente de aprendizaje autónomo, interactivo, solidario y de trabajo en equipo. Para el desarrollo de este tipo de metodología se requiere tener en cuenta las ideas previas, visión del mundo, experiencia, destrezas, actitudes y la vivencia de una tarea de investigación por parte del maestro

## METODOLOGIA

El procedimiento para la realización de la experiencia con el grupo de estudiantes de Educación media del grado once(11); en una Institución del Sector Publico de Bogotá.

La propuesta de aprendizaje por investigación ha sido abordada en diferentes situaciones de clase, donde los estudiantes proponen el estudio de diferentes situaciones problemáticas y luego se toman decisiones para elegir un problema concreto con la orientación del maestro. Seleccionado el problema se procedió:

1)Presentación explicativa sobre el manejo de sustancias químicas, y normas para trabajar en un laboratorio de Química, algunas orientaciones de trabajo con la intención de aprender a manejar datos, instrumentos, materiales de medida, manejo de sustancias, manejo de protocolos para preparar disoluciones, presentar tablas o gráficos y realizar tratamientos estadísticos con los datos recogidos.

2) Estudio de los cambios químicos mediante la reacción: la descomposición del Bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) en dióxido de carbono y agua con la adición de un ácido más fuerte, el ácido acético presente en el vinagre, con el fin de garantizar la reacción.

3) Presentación del problema a resolver: Para determinar el porcentaje de  $\text{NaHCO}_3$  en una pastilla de Alka-seltzer<sup>®</sup> se utilizaron los siguientes materiales, equipos y reactivos: 2 tabletas de Alka-seltzer<sup>®</sup>, 2 vasos de 150 ml, un vidrio de reloj, regla, un equipo de recolección de gases sobre agua (baño María, probeta, manguera, balón y dos pinzas), una probeta de 100 ml. Para uso común: solución de ácido acético (vinagra comercial), dispuesto con una probeta o con dispensador automático.

La tableta utilizada registra en el sobre 1.976g de bicarbonato de sodio, 1000g de ácido cítrico y 0,324g de ácido acetilsalicílico.

Para resolver el problema se presentan dos métodos: uno por pérdida de masa y el otro por recolección de gases; cada uno con orientaciones escritas, materiales, cuadros de registro y procedimiento específico a realizar.

#### **Método por pérdida de masa.**

Se procedió a medir 20 ml de vinagre con la probeta y se colocó en el vaso de 150 ml y medir la masa del vaso con el contenido. Luego se pesó la tableta sobre el vidrio de reloj y se dividió en dos partes iguales. Se adiciona el trozo de tableta al vinagre y se pesa iniciando y finalizando la efervescencia después de 10 minutos.

#### **Método de recolección de gases.**

Se organizan los elementos necesarios para el equipo de recolección de gases. Se llena la probeta con agua de la llave dentro del baño María, se miden 20 ml de vinagre en el balón de fondo plano y se procede a obtener  $\frac{1}{8}$  de pastilla que se pesa sobre el vidrio de reloj. Se ubica el trozo en el cuello del balón de fondo plano manteniéndolo casi horizontal, de manera que la pastilla no caiga a la disolución de vinagre. Se ubica el tapón herméticamente el cual tiene unida una manguera que permitirá el paso del gas. Con el montaje listo y el balón bien cerrado con el corcho se pone en forma vertical de manera que la pastilla caiga en el vinagre. Agita suavemente el balón y permita que la reacción se complete, retire el balón cuando ya no se generen más burbujas, se observa y se mide la altura de desplazamiento del gas obtenido en la probeta, luego se registra la temperatura del baño de agua.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Para el procedimiento por **pérdida de masa** los datos obtenidos en la práctica se tomaron bajo condiciones ambientales, y se organizaron en la tabla N°1:

Tabla N°1.

VARIABLE	DATO
Masa del vaso con vinagre	82,185g
Masa de Alka-Seltzer con el sobre	3,898g
Masa de la pastilla de Alka-Seltzer	1,718g
Masa del vaso con vinagre + pastilla	83,903g
Masa del vaso luego de la reacción	83,320
Masa de CO <sub>2</sub> perdida	0,583g
Calculo de la masa de NaHCO <sub>3</sub> que reaccionó	1,113g
Cálculo del % de masa de NaHCO <sub>3</sub> , en la tableta	64,784%

Luego de obtener la masa del vaso con vinagre, Alka-seltzer<sup>®</sup> con el sobre, pastilla de Alka-seltzer<sup>®</sup>, vaso con vinagre + pastilla y la masa del vaso luego de la reacción, se procede a calcular la masa de CO<sub>2</sub> pérdida, la masa de NaHCO<sub>3</sub> que reaccionó y el porcentaje de masa de NaHCO<sub>3</sub> de la tableta, de la siguiente manera:

*Masa de CO<sub>2</sub> perdida:* Para obtenerla se realiza de diferencia entre la masa del vaso con vinagre + pastilla y la masa del vaso luego de la reacción, obteniendo 83,903g – 83,302g= 0,583g indicando esta diferencia que después de la reacción existió una pérdida de masa. Durante este procedimiento el ácido cítrico produce reacción en el bicarbonato pero para garantizar una reacción completa fue necesario adicionar un ácido mas fuerte, el ácido acético contenido en el vinagre; lo cual permitió la pérdida de masa de CO<sub>2</sub>, para determinar su cantidad.

*Masa de NaHCO<sub>3</sub> que reaccionó:* Para poder obtener este dato se procedió a utilizar la siguiente relación estequiométrica, ya que la relación entre el CO<sub>2</sub> y el bicarbonato es 1:1, con lo cual determinando la cantidad de CO<sub>2</sub> en moles establecemos la cantidad de bicarbonato.

$$0,583g \text{ CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44g \text{ CO}_2} \times \frac{1 \text{ mol NaHCO}_3}{1 \text{ mol CO}_2} \times 84 \text{ g NaHCO}_3 = 1,113 \text{ g NaHCO}_3$$

Lo cual nos indica que la cantidad de masa de bicarbonato de sodio fue de 1,113 g.

*Porcentaje de masa de NaHCO<sub>3</sub> de la tableta:* Para obtener el porcentaje de bicarbonato se calcula mediante:

$$1,113g \text{ NaHCO}_3 / 1,718g \times 100 = 64,784\% \text{ NaHCO}_3$$

Lo cual indica que el porcentaje de bicarbonato de sodio en la pastilla es de 64,784%.

Al tener en cuenta el porcentaje de bicarbonato de sodio obtenido por este método que fue de 64,784% y compararlo con el porcentaje que reflejan los datos en el sobre que es de 60% se puede deducir que este método es de alguna manera confiable ya que se acerca con un rango de ±4,8%. Pero este desfase puede indicar la intervención de algunos factores durante el experimento como, que la balanza no este exacta, o quizá la humedad del medio haya afectado la cantidad de gramos de la tableta.

Es importante destacar que el ambiente de aprendizaje que se fue generando facilitó en particular, el funcionamiento de pequeños grupos con sus respectivos intercambios de ideas y conceptos de formas bastante enriquecedores, se dio importancia a los aportes de los estudiantes y se orientó su trabajo. El papel del maestro es fundamental porque debe dirigir las puestas en común, orientar el trabajo de los diferentes grupos e ir tomando decisiones, transmitir su propio interés por lo que se está haciendo y por los avances de cada estudiante, es decir, ir haciendo los ajustes necesarios al complejo contexto de la clase.

Para el procedimiento de **recolección de gases** los datos obtenidos en la práctica se tomaron bajo condiciones ambientales, y se organizaron en la tabla N°2:

Tabla No 2. Recolección de gases.

VARIABLE	DATO
Masa de la fracción de pastilla de Alka-Seltzer	0,327g
Volumen en ml de CO <sub>2</sub>	58 ml
Altura en mm de la columna de Agua	73,5mm
Masa de CO <sub>2</sub> perdida	0,0754 g
Temperatura del baño de agua	18°C
Cálculo de las moles de CO <sub>2</sub>	1,715x10 <sup>-3</sup> Mol
Cálculo de la masa de NaHCO <sub>3</sub> que reaccionó	0,144 g
Cálculo del % de NaHCO <sub>3</sub> en la tableta	44,5 %

Al pesar el octavo de pastilla de Alka-seltzer<sup>®</sup> se obtuvo 0,327g, para proceder a realizar la recolección de gases; el volumen en ml de CO<sub>2</sub> fue de 58 ml, que corresponde al espacio generado por el desplazamiento de agua por el gas generado por la reacción del bicarbonato de sodio con el vinagre en el balón. Luego al medir con la regla la altura de la columna de agua desde la superficie de agua en el baño María hasta el menisco, fue de 73 mm, que corresponde a la cantidad de agua que se desplazó de la probeta a la vasija, en una temperatura de 18°C.

Para determinar masa de CO<sub>2</sub> perdida, el cálculo de moles de CO<sub>2</sub>, el cálculo de la masa de NaHCO<sub>3</sub> que reaccionó y el porcentaje de masa de NaHCO<sub>3</sub> en la tableta, se realizaron los siguientes procedimientos:

*Masa de CO<sub>2</sub> perdida:* Para poder determinar esta masa es necesario conocer la presión de gas, que puede calcularse considerando que se establece un equilibrio entre la presión del sistema y la presión atmosférica, mediante la ecuación

$$P_{\text{gas}} = P_{\text{atm}} - P_{\text{vapor de agua}} - P_{\text{columna de agua}}$$

$$P_{\text{gas}} = 560 \text{ mmHg} - 15,477 \text{ mmHg} - 7,35 \text{ mm}$$

$$P_{\text{gas}} = 537,173 \text{ mm}$$

El valor  $P_{\text{columna de agua}} = 7,35 \text{ mm} = 73,5 \text{ cm}$  corresponde al agua que permanece en la probeta, medida desde la superficie del baño de agua en el recipiente externo hasta el menisco.

*Cálculo de moles de CO<sub>2</sub>*: Una vez determinado el valor de P<sub>gas</sub> puede utilizarse la ecuación de estado de gas ideal para determinar las moles de gas encerradas en la probeta, con la siguiente ecuación

$$PV=nRT$$

Que al despejar se obtiene

$$nCO_2=PV/RT$$

Al remplazar se tiene

$$nCO_2 = \frac{537,171mmHg \times \frac{1atm}{760mmHg} \times 58ml \times \frac{1}{1000ml}}{0,082 \frac{atm}{mol} \times 291,15^\circ k}$$

$$nCO_2=0,706atm \times 0,058L / 0,082atm L mol^\circ K$$

$$nCO_2=1,715 \times 10^{-3}$$

*Calculo de la masa de NaHCO<sub>3</sub> que reacciono*: para determinar este valor, se utiliza la siguiente relación estequiometria

$$1,715 \times 10^{-3} \times 1 \text{ mol NaHCO}_3 / 1 \text{ mol CO}_2 \times$$

$$84 \text{ g NaHCO}_3 / 1 \text{ mol de NaHCO}_3$$

$$= 0,144 \text{ g}$$

*Porcentaje de masa de NaHCO<sub>3</sub> de la tableta*: Para obtener el porcentaje de bicarbonato se calcula mediante

$$0,144g \text{ NaHCO}_3 / 0,327g \times 100=44,5 \% \text{ NaHCO}_3$$

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO:

Durante la realización de un análisis cuantitativo es muy importante tomar en cuenta todas las variables que pueden afectar nuestro resultado, dentro de estos están los factores provocados por los instrumentos utilizados y los errores provocados por quien maneja el material.

Como menciona Miller (2002, p. 4), el análisis cuantitativo de una situación en la que se obtienen resultados experimentales numéricos, es de gran interés cuando los resultados obtenidos van acompañados de una estimación de los errores inherentes a los mismos. A partir

del análisis de los posibles errores en el desarrollo del experimento también se puede determinar la precisión y exactitud del mismo.

El análisis estadístico realizado en este experimento, toma como referencia los datos que aparecen en la siguiente tabla, los cuales fueron obtenidos por 18 grupos en el laboratorio, utilizando los métodos por pérdida de masa y recolección de gases respectivamente, con el fin de determinar la cantidad de bicarbonato de sodio en una tableta de alka-seltzer:

**Tabla N°3.** Datos obtenidos por 18 grupos en el laboratorio

<b>Experimentos</b>	<b>M1 Masa</b>	<b>M2 Gases</b>
1	60,2	43,4
2	64,7	28,8
3	66,2	47,7
4	50,9	44,5
5	59,4	34,7
6	58,4	40,8
7	64,1	51,4
8	57,8	53,3
9	50,7	37,2
10	59,0	42,4
11	57,6	40,8
12	56,5	60,8
13	41,9	49,6
14	57,9	49,3
15	59,7	47,5
16	58,5	37,5
17	59,4	43,2
18	61,7	46,2

Luego, se procedió a aplicar algunos procedimientos estadísticos, con el fin de comparar y validar la cantidad de bicarbonato de sodio presente en una tableta de alka-seltzer, teniendo en cuenta la cantidad que aparece en la etiqueta del producto y los métodos experimentales utilizados (pérdida de masa y recolección de gases). Los resultados obtenidos fueron:

**Tabla N°4.** Valores estadísticos obtenidos.

	<b>M1 Masa</b>	<b>M2 Gases</b>
Promedio x	58,033	44,394
Desviación Estándar S	5,644	7,441
Coefficiente de variación (CV)	9,7	16,8
Rango $t * S_n$	2,807	3,701
Mínimo $x - t * S_n$	55,227	40,694
Máximo $x + t * S_n$	60,840	48,095
Valor real (Xr)	59,88	59,88
% Error relativo (Er)	3,182	34,882

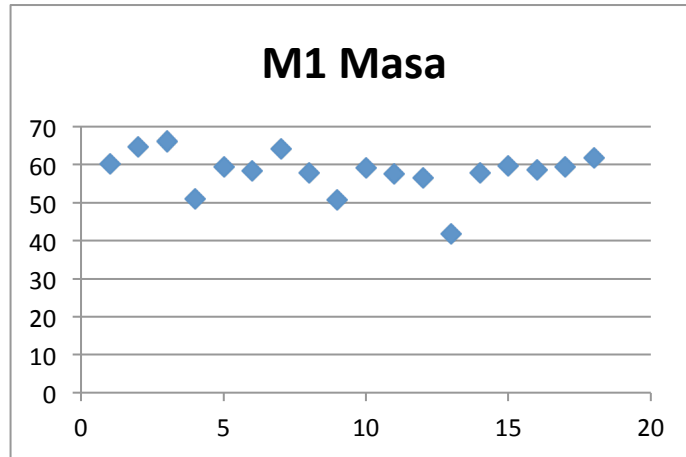
El promedio es el valor que determina la localización del valor central de la muestra, mientras que la variabilidad de los datos es obtenida a través de la desviación estándar que *“proporciona una medida de la dispersión del conjunto de resultados obtenidos alrededor del valor medio, aunque no indica la forma de la distribución”* (Miller, 2002, p. 23).

El coeficiente de variación (CV) determina el porcentaje de variabilidad de la muestra, además es un ejemplo de “Error Relativo” que se utiliza para comparar la precisión de los resultados que tienen diferentes unidades y es importante en el cálculo de propagación de errores.

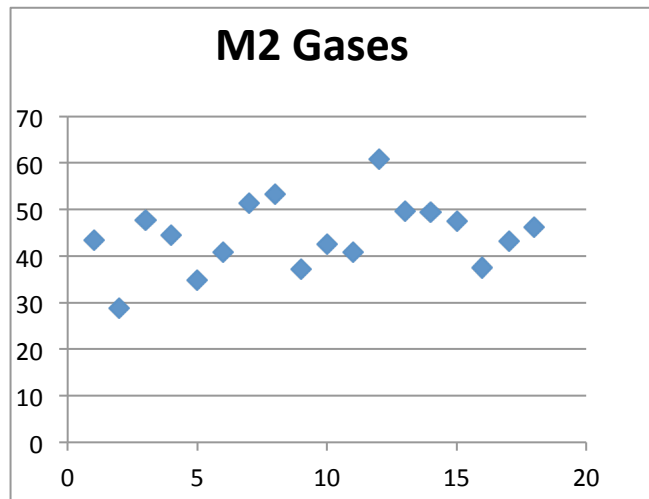
El coeficiente de variación al utilizar los dos métodos es alto y se deduce que el experimento es poco preciso, tanto en la aplicación del método por pérdida de masa como en la aplicación del método por recolección de gases; aunque hay más precisión en el primero y por lo tanto, sus resultados son más reproducibles.

Lo anterior se corrobora en las siguientes gráficas, donde se muestra la dispersión de los datos obtenidos por los 18 grupos en el laboratorio:





**Gráfica N°1.** Dispersión de los datos en M1.



**Gráfica N°2.** Dispersión de los datos en M2.

Por otro lado, el rango ha permitido determinar en este experimento, los valores aceptados y rechazados del mismo tomando como referencia su proximidad al valor promedio, y teniendo en cuenta la tabla de distribución T-students que fue aplicada con un 95% de confianza a los 18 resultados de cada método. Tomando el valor del rango, también se puede afirmar que los dos métodos del experimento tienen poca precisión, por el número de datos rechazados en cada uno, que equivalen al 38.8% para M1 y al 50% para M2. Esto se evidencia en la tabla N°5.

El porcentaje de error relativo se ha calculado teniendo en cuenta, la distancia entre el valor promedio y el valor real obtenido a partir de la información que aparece en la etiqueta del

producto. Considerando, que la exactitud corresponde al “grado de concordancia entre el resultado de un ensayo y el valor de referencia aceptado” (Miller, 2002, p. 5) y que uno de los objetivos de este trabajo es determinar hasta qué punto se aproxima el resultado al verdadero valor de la concentración o cantidad que se pretende medir en el experimento, en este caso, bicarbonato de sodio, se ha concluido que existe mayor exactitud en el experimento M1 que en el experimento M2, ya que, el porcentaje de error relativo calculado es mucho mayor en el método de recolección de gases, en el que se llegó a obtener un error del 34%. Así mismo, se observa que el valor real correspondiente a 59.88% se encuentra fuera del rango establecido con el método M2 y el valor promedio para este método no se aproxima al valor real.

**Tabla N°5.** Datos del experimento aceptados y rechazados.

X	M1 Masa	M1 Masa	M2 Gases	M2 Gases
1	60,2	aceptado	43,4	aceptado
2	64,7	rechazado	28,8	rechazado
3	66,2	rechazado	47,7	aceptado
4	50,9	rechazado	44,5	aceptado
5	59,4	aceptado	34,7	rechazado
6	58,4	aceptado	40,8	aceptado
7	64,1	rechazado	51,4	rechazado
8	57,8	aceptado	53,3	rechazado
9	50,7	rechazado	37,2	rechazado
10	59,0	aceptado	42,4	aceptado
11	57,6	aceptado	40,8	aceptado
12	56,5	aceptado	60,8	rechazado
13	41,9	rechazado	49,6	rechazado
14	57,9	aceptado	49,3	rechazado
15	59,7	aceptado	47,5	aceptado
16	58,5	aceptado	37,5	rechazado
17	59,4	aceptado	43,2	aceptado
18	61,7	rechazado	46,2	aceptado

Finalmente, como explica (Miller, 2002, p. 4) se pueden diferenciar entre errores aleatorios y sistemáticos, cuando se estudia cuidadosamente una situación experimental real. En el experimento analizado se deduce que es probable que se hayan presentado errores de tipo aleatorio, los cuales “*provocan que los resultados individuales difieran uno de otro de manera que caigan a ambos lados del valor medio*” (Miller, 2002, p. 4) y como se observa en la tabla N°3 y N°4, esto se hace más evidente con el método de recolección de gases, donde los datos individuales están distantes del valor promedio obtenido  $x=4,394$ .

Debido a que en el método de recolección de gases el tamaño de la muestra cambia de 12 a 18, es probable que esto haya incidido en la poca precisión y exactitud de este método en relación con el de pérdida de masa. Además las cantidades de bicarbonato de sodio obtenidas disminuyeron considerablemente al aplicar el método de recolección de gases.

## CONCLUSIONES

- 1) La propuesta didáctica desarrollada posibilitó la construcción de conceptos, destrezas y habilidades de pensamiento, procedimentales y actitudes para mejorar el aprendizaje.
- 2) El desarrollo de la propuesta aprendizaje por investigación mediante practica experimental exige requerimientos como el manejo de algunos conceptos, habilidades de calculo y manipulación, repetición de procedimientos, análisis constante de resultados que son importantes tener en cuenta en el momento de diseñar problemas de estequiometria.
- 3) Para la solución del problema se debe pasar por el planteamiento de hipótesis y la interpretación rigurosa de los datos obtenidos, es decir ir más allá de lo que parece evidente y someter a pruebas las hipótesis, dudar de los resultados, buscando la coherencia global.
- 4) Se puede afirmar que los dos métodos del experimento tienen poca precisión, por el número de datos rechazados en cada uno, sin embargo existe mayor exactitud en el experimento M1 que en el experimento M2, ya que, el porcentaje de error relativo calculado es mucho mayor en el método de recolección de gases, en el que se llegó a obtener un error del 34%.
- 5) Esta práctica permitió utilizar diversos métodos de laboratorio para analizar desde diferentes puntos de vista los porcentajes obtenidos y ser comparado con los teóricos o de referencia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Brown, Lemay y Bursten (1998) Química "La Ciencia Central", (7ª. Ed.), México, Edit. Prentice Hall.

Molina, M.F. CARRIAZO, J.G.RIVERA, J.C. Aprendiendo estequiometria a través de proyectos de investigación en el laboratorio de Química General. De la teoría a la practica en la enseñanza por investigación. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Miller James, Miller Jane (2002). *Estadística y quimiometría para química analítica*. Madrid; Pearson educación S.A.

Ralph, H. Petrucci.(1977) Química General. Edit. Fondo Interamericano

[http://faculty.dbcc.cc.fl.us/swansoj/Carbon\\_Dioxide\\_from\\_Alka-Seltzer.htm](http://faculty.dbcc.cc.fl.us/swansoj/Carbon_Dioxide_from_Alka-Seltzer.htm): Determinación de dióxido de carbono usando agua como disolvente. (Accesad en Noviembre 15 de 2010)

<http://www.scribd.com/doc/33646343/ESTADISTICA-APLICADA-AL-ANALISIS-QUIMICO>. (accesada en Noviembre de 2010)