



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química

**EVALUACIÓN A NIVEL DE LABORATORIO DEL AMINOÁCIDO VEGETAL GLICINA  
(ÁCIDO 2-AMINOETANOICO) A PARTIR DE LA HARINA DE SOYA, POR MEDIO DEL  
MÉTODO DE LIXIVIACIÓN CON HEXANO**

**Julio David Guzmán Benítez**

Asesorado por el Ing. César Ariel Villela Rodas

Guatemala, noviembre de 2017



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN A NIVEL DE LABORATORIO DEL AMINOÁCIDO VEGETAL GLICINA  
(ÁCIDO 2-AMINOETANOICO) A PARTIR DE LA HARINA DE SOYA, POR MEDIO DEL  
MÉTODO DE LIXIVIACIÓN CON HEXANO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JULIO DAVID GUZMÁN BENÍTEZ**

ASESORADO POR EL ING. CÉSAR ARIEL VILLELA RODAS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO QUÍMICO**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2017



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Federico Guillermo Salazar Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Jaime Domingo Carranza González
EXAMINADOR	Ing. Víctor Herbert de León Morales
SECRETARIO	Ing. Carlos Humberto Rivera Pérez



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **EVALUACIÓN A NIVEL DE LABORATORIO DEL AMINOÁCIDO VEGETAL GLICINA (ÁCIDO 2-AMINOETANOICO) A PARTIR DE LA HARINA DE SOYA, POR MEDIO DEL MÉTODO DE LIXIVIACIÓN CON HEXANO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 29 de julio de 2014.

**Julio David Guzmán Benítez**



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por darme la vida y a la familia a la que pertenezco. Por brindarme el entendimiento y madurez que hoy se ve reflejado en mi perseverancia.
- Mis padres** Valdemar Guzmán Velásquez y Elsa Benítez Girón, por darme la vida y guiarme en ella, por la comprensión y apoyo incondicional que me brindaron en todo momento.
- Mi esposa** Por su apoyo incondicional y por su amor que me ha brindado durante todos estos años
- Mis hijos** Julio César y Marcela Melina, por ser la fuente de inspiración para esforzarme en brindarles a través de mi esfuerzo un ejemplo de superación, superando toda clase de dificultades y limitaciones.
- Mis hermanos** Noé Javier y Enrique Valdemar Guzmán, por su compañía y apoyo, los buenos momentos vividos durante la infancia y edad adulta que juntos hemos compartido, y aunque uno de ellos ya no esté, que mi meta que hoy alcanzo les sea inspiradora.

**Mis abuelos, tíos,  
primos, y demás familia**

Por estar pendientes de mis logros y derrotas, brindándome sus consejos, cariño y apoyo. Muy especialmente a Ingrid Benítez que gracias a su insistencia y colaboración hoy culmino este ciclo.

**Todos mis buenos  
amigos**

De todos aquellos que por ser demasiados, no los olvido, quienes siempre he recibido apoyo para la consecución de mis metas y con quienes he tenido el agrado y la suerte de compartir tantas experiencias de vida.

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por la formación académica recibida y formación profesional para desempeñarme como persona íntegra y trabajadora.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por darme el espíritu, fuerza y el entendimiento necesario para ser perseverante y alcanzar este logro en mi vida.
<b>Mis padres</b>	Por ser forjadores y primeros maestros en la vida, creer en mí y su apoyo incondicional a lo largo de mi crecimiento como persona.
<b>Mis centros de estudio y profesores</b>	Por brindarme la oportunidad y conocimientos adquiridos a la fecha. Mis centros de estudio Escuela Juan Amos Comenio, Liceo San José, Liceo Montessori; por cimentarme el ingreso a la Universidad. Universidad de San Carlos de Guatemala por forjarme como profesional. Al ingeniero César Ariel Villela Rodas, por su paciencia y apoyo incondicional para lograr culminar este trabajo, a través de su experiencia y conocimientos. Al laboratorio de Físicoquímica por brindarme el espacio y recursos necesarios para llevar a cabo la parte experimental de mi trabajo de graduación.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XIIII
GLOSARIO .....	XV
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN .....	XXII
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1.Los aminoácidos .....	1
1.2.Propiedades químicas y físicas de los $\alpha$ -aminoácidos .....	3
1.3.Glicina .....	3
1.3.1 Alimentos de origen animal .....	7
1.3.2 Alimentos de origen vegetal .....	7
1.4.Espectrofotometría .....	8
1.4.1.Ley de Lambert-Beer.....	10
1.5.Lixiviación.....	12
1.6. Cinética de las reacciones químicas .....	14
1.6.1Medición de las velocidades de reacción .....	15
1.6.2.Influencia de la temperatura en las constantes de velocidad .....	17
1.6.3 Catálisis .....	19
2. METODOLOGÍA.....	23
2.1 Síntesis de ácido 2-aminoetanoico.....	25
2.2 Curva de calibración y lectura de muestra de referencia.....	26
2.3 Medición de la cinética y velocidad de reacción.....	27

2.4 Diagrama de flujo .....	29
3.RESULTADOS .....	31
4.INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	73
CONCLUSIONES.....	81
RECOMENDACIONES .....	83
BIBLIOGRAFÍA.....	84
APÉNDICE .....	87

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Estructura general.....	1
2.	Estructura de aminoácido.....	2
3.	Estructura de glicina.....	3
4.	Metodología para síntesis de la glicina .....	29
5.	Metodología para cálculo de la cinética de reacción.....	30
6.	Curva de calibración de lectura de diluciones realizadas de la muestra de producto de referencia para la comparación y cálculo de valores cinéticos de la glicina.....	32
7.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 37,00 % con NH <sub>3</sub> al 25,00 %.....	34
8.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 37,00 % con NH <sub>3</sub> al 21,25 %.....	35
9.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 37,00 % con NH <sub>3</sub> al 17,50 %.....	36
10.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 37,00 % con NH <sub>3</sub> al 13,75 %.....	37
11.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 37,00 % con NH <sub>3</sub> al 10,00 %.....	38

12.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 37,00 % con NH <sub>3</sub> al 6,25 % .....	39
13.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 31,45 % con NH <sub>3</sub> al 25,00 % .....	40
14.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 31,45 % con NH <sub>3</sub> al 21,25 %.....	41
15.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 31,45 % con NH <sub>3</sub> al 17,50 %.....	42
16.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 31,45 % con NH <sub>3</sub> al 13,75 %.....	43
17.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 31,45 % con NH <sub>3</sub> al 10,00 %.....	44
18.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 31,45 % con NH <sub>3</sub> al 6,25 % .....	45
19.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 25,90 % con NH <sub>3</sub> al 25,00 %.....	46
20.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 25,90 % con NH <sub>3</sub> al 21,25 %.....	47

21.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 25,90 % con NH <sub>3</sub> al 17,50 %.....	48
22.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 25,90 % con NH <sub>3</sub> al 13,75 %.....	49
23.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 25,90 % con NH <sub>3</sub> al 10,00 % .....	50
24.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 25,90 % con NH <sub>3</sub> al 6,25 % .....	51
25.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 20,35 % con NH <sub>3</sub> al 25,00 %.....	52
26.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 20,35 % con NH <sub>3</sub> al 21,25 %.....	53
27.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 20,35 % con NH <sub>3</sub> al 17,50 %.....	54
28.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 20,35 % con NH <sub>3</sub> al 13,75 %.....	55
29.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 20,35 % con NH <sub>3</sub> al 10,00 %.....	56

30.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 20,35 % con NH <sub>3</sub> al 6,25 %.....	57
31.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 14,80 % con NH <sub>3</sub> al 25,00 %.....	58
32.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 14,80 % con NH <sub>3</sub> al 21,25 %.....	59
33.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 14,80 % con NH <sub>3</sub> al 17,50 %.....	60
34.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 14,80 % con NH <sub>3</sub> al 13,75 %.....	61
35.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 14,80 % con NH <sub>3</sub> al 10,00 %.....	62
36.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 14,80 % con NH <sub>3</sub> al 6,25 %.....	63
37.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 9,25 % con NH <sub>3</sub> al 25,00 %.....	64
38.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 9,25 % con NH <sub>3</sub> al 21,25 %.....	65

39.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 9,25 % con NH <sub>3</sub> al 17,50 %.....	66
40.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 9,25 % con NH <sub>3</sub> al 13,75 %.....	67
41.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 9,25 % con NH <sub>3</sub> al 10,00 %... ..	68
42.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 9,25 % con NH <sub>3</sub> al 6,25 % .....	69

## TABLAS

I.	Concentraciones propuestas para síntesis de la Glicina.....	23
II.	Combinaciones de concentración, propuestas para síntesis de la glicina, con % HCl constante, variando concentraciones de % NH <sub>3</sub> , a condiciones normales de laboratorio y T = 25 °C.....	24
III.	Datos para curva de calibración realizada en base a la muestra comparativa de glicina.....	31
IV.	Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 37,00 % con NH <sub>3</sub> al 25,00 % .....	34
V.	Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 37,00 % con NH <sub>3</sub> al 21,25 %.....	35

VI.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 37,00 % con NH <sub>3</sub> al 17,50 %.....	36
VII.	Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 37,00 % con NH <sub>3</sub> al 13.75 % .....	37
VIII.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 37,00 % con NH <sub>3</sub> al 10,00 %.....	38
IX.	Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 37,00 % con NH <sub>3</sub> al 6,25 % .....	39
X.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 31,45 % con NH <sub>3</sub> al 13,75 %.....	40
XI.	Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 31,45 % con NH <sub>3</sub> al 21,25 % .....	41
XII.	Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 37,00 % con NH <sub>3</sub> al 17,50 % .....	42
XIII.	Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 31,45 % con NH <sub>3</sub> al 13,75 % .....	43
XIV.	Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 31,45 % con NH <sub>3</sub> al 10,00 % .....	44

XV.	Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 31,45 % con NH <sub>3</sub> al 6,25 %.....	45
XVI.	Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 25,90 % con NH <sub>3</sub> al 25,00 %.....	46
XVII.	Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 25,90 % con NH <sub>3</sub> al 21,25 %.....	47
XVIII.	Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 25,90 % con NH <sub>3</sub> al 17,50 %.....	48
XIX.	Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 25,90 % con NH <sub>3</sub> al 13,75 %.....	49
XX.	Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 25,90 % con NH <sub>3</sub> al 10,00 %.....	50
XXI.	Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 25,90 % con NH <sub>3</sub> al 6,25 %.....	51
XXII.	Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 20,35 % con NH <sub>3</sub> al 25,00 %.....	52
XXIII.	Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 20,35 % con NH <sub>3</sub> al 21,25 %.....	53

XXIV.	Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 20,35 % con NH <sub>3</sub> al 17,50 % .....	54
XXV.	Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 20,35 % con NH <sub>3</sub> al 13,75 % .....	55
XXVI.	Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 20,35 % con NH <sub>3</sub> al 10,00 % .....	56
XXVII.	Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 20,35 % con NH <sub>3</sub> al 6,25% .....	57
XXVIII.	Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 14,80 % con NH <sub>3</sub> al 25,00 % .....	58
XXIX.	Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 14,80 % con NH <sub>3</sub> al 21,25 % .....	59
XXX.	Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 14,80 % con NH <sub>3</sub> al 17,50% .....	60
XXXI.	Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 14,80 % con NH <sub>3</sub> al 13,75 % .....	61
XXXII.	Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 14,80 % con NH <sub>3</sub> al 10,00 % .....	62

XXXIII.	Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 14,80 % con NH <sub>3</sub> al 6,25 %.....	63
XXXIV.	Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 9,25 % con NH <sub>3</sub> al 25,00 % .....	64
XXXV.	Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 9,25 % con NH <sub>3</sub> al 21,25 % .....	65
XXXVI.	Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 9,25 % con NH <sub>3</sub> al 17,50 % .....	66
XXXVII.	Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 9,25 % con NH <sub>3</sub> al 13,75 % .....	67
XXXVIII.	Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 9,25 % con NH <sub>3</sub> al 10,00 % .....	68
XXXIX.	Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 9,25 % con NH <sub>3</sub> al 6,25 % .....	69
XL.	Propiedades fisicoquímicas de producto obtenido y producto comparado .....	72



## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
$k_{\lambda}$	Coefficiente de extinción de la luz
$K$	Constante cinética de velocidad de reacción
$R$	Constante de la teoría de los gases ideales
$E_a$	Energía de activación
$I$	Energía luminosa
$\lambda$	Longitud de onda
$M$	mol/litro
$nm$	Nanómetro ( $1 \cdot 10^{-9}$ metros)
$\alpha$	Primer átomo de carbono
$R$	Radical
$T$	Temperatura



## GLOSARIO

<b>Aminoácido</b>	Molécula orgánica compuesta de un grupo Amino (-NH <sub>2</sub> ) y un grupo carboxilo (-COOH) siendo la base de formación de proteínas.
<b>Diagrama</b>	Representación gráfica que sirve para esquematizar alguna situación o estado en particular.
<b>Espectrofotometría</b>	Medición de la cantidad de energía radiante que absorbe o transmite un sistema químico en función de la longitud de onda.
<b>Glicina</b>	Compuesto orgánico de la familia de los aminoácidos que en conjunto tiende a la formación de proteínas en los seres vivos. Es el más pequeño de los aminoácidos presente en las células. El nombre químico es ácido 2-aminoetanoico.
<b>Hidrólisis</b>	Reacción de ruptura de enlaces químicas en medio acuoso de una molécula para dar origen a otro producto distinto.
<b>Ley de Lambert-Beer</b>	Relación empírica que relaciona la absorción de un haz de luz con respecto a las propiedades del material atravesado.

<b>Lixiviación</b>	Es un proceso de extracción sólido-líquido, donde el líquido se hace pasar a través de un sólido pulverizado para dejar partículas en disolución del sólido.
<b>Reacción química</b>	Se refiere a todo por el cual una o más sustancias afectadas por factores energéticos, tiende a formar nuevas estructuras moleculares, dando como resultado productos distintos a los iniciales.
<b>Reactivo</b>	Se refiere a toda sustancia que se interactúa con otra para producir una reacción química. Tiene como efecto la generación de productos con diferentes propiedades químicas.
<b>Síntesis orgánica</b>	Es la formación de estructuras moleculares orgánicas mediante reacciones químicas inducidas de uno o más reactivos.

## RESUMEN

Se diseñó y desarrolló un método de síntesis orgánica, a nivel de laboratorio para la obtención del ácido 2-aminoetanoico (glicina). Esto usando el proceso de lixiviación con hexano, para obtener de los sólidos en suspensión la mayor cantidad de producto formado de la reacción.

Se evaluaron los efectos de concentración de los reactivos utilizando ácido clorhídrico (HCl) y amoníaco (NH<sub>3</sub>). Esto para interpretar cómo afectan la cinética y velocidad de reacción. Asimismo el rendimiento del producto final formado en la síntesis con la harina de soya.

La formación del producto e identificación se hizo mediante la técnica de espectrofotometría en un rango de operación entre (250 – 400) nm. Para cuantificar la cantidad de producto formado utilizando la relación de Lambert-Beer, que establece la absorción con la concentración de producto.

Finalmente se compararon las propiedades fisicoquímicas cualitativas del producto formado. Esto con una muestra de producto de referencia comercializado localmente para definir si existe similitud entre ambos.



# OBJETIVOS

## General

Evaluar el efecto de la concentración en el rendimiento, a nivel de laboratorio para determinar el máximo rendimiento en la síntesis de aminoácido vegetal (glicina). Esto a partir de la proteína de la harina de soya, determinando a diferentes concentraciones el rendimiento de la reacción.

## Específicos

1. Determinar la concentración de ácido clorhídrico y amoniaco que permita el rendimiento óptimo, para la generación de la molécula base de la glicina.
2. Evaluar el producto final obtenido comparando las características fisicoquímicas del producto comercializado localmente.
3. Establecer los errores de propagación e incertezas que conlleva la experiencia.
4. Evaluar el efecto de la dilución de ácido clorhídrico y amoniaco en el rendimiento de producción de la glicina.



## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo detalla la forma propuesta de cómo obtener, a través de un método de laboratorio, la síntesis del aminoácido vegetal denominado glicina (ácido 2-aminoetanoico). Esto a partir de la lixiviación de las moléculas menores de la proteína de soya, esto bajo diferentes condiciones de concentración de reactivos. Realizando mezclas en diversas proporciones y encontrar las condiciones óptimas de producción.

Se determinó el rendimiento, a diferentes condiciones en donde se realizaron variaciones de concentración de los diferentes reactivos involucrados. Fue a temperatura y presión constante en la extracción del aminoácido vegetal (glicina). Sus aplicaciones se enfocaron en la importancia de su uso en la agricultura, como un agente catalítico para la absorción de nutrientes y formación de proteínas. Esto para que la nutrición vegetal de los cultivos en el área rural sea estimulada por un agente orgánico y amigable con el medio ambiente. Actualmente no hay producción local de este producto en ninguna industria nacional.

Para ello se hidrolizó en moléculas más pequeñas de la proteína de soya con ácido clorhídrico (HCl), realizando un lavado del producto intermedio con hexano ( $C_6H_6$ ). Esto a manera de obtener la mayor cantidad de moléculas intermedias, las cuales posteriormente se eliminarán por evaporación; y luego se sintetizará haciendo reaccionar el producto intermedio (clorometil acetato) con amoníaco ( $NH_3$ ) para la obtención del ácido 2-aminoetanoico.

El producto fue evaluado cualitativa y cuantitativamente comparando las propiedades fisicoquímicas del producto formado. Esto con el producto

comercializado localmente y el máximo rendimiento de producto obtenido a partir de la harina de soya.

Del producto obtenido se hizo una serie de análisis por medio del método espectrofotométrico, apoyado por la ley Lambert Beer, para determinar la cantidad del producto formado, y comparar el resultado con la curva de calibración obtenido con una muestra de referencia de producto comercializado.

Asimismo, se determinó la cinética de reacción a partir del rendimiento y estableciendo el mecanismo de reacción. Esto por medio del análisis gráfico del comportamiento de la reacción, a través de la interpretación de las gráficas realizadas entre las variaciones de concentración de amoniaco, con el que se hará reaccionar el producto intermedio obtenido.

De la misma forma se observó la dependencia de formación del producto con respecto a las cantidades de reactivo dosificadas.

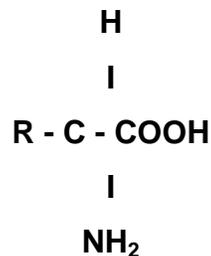
Con ello se determinaron cuáles son las condiciones óptimas de concentraciones de reactivos para la producción a escala de laboratorio. Que a su vez tiene como fin extenderlo a producción a nivel industrial.

# 1. MARCO TEÓRICO

## 1.1. Los aminoácidos

Son la unidad estructural de las proteínas, estas son polímeros macromoleculares de aminoácidos. La estructura general es la siguiente:

Figura 1. Estructura general



Fuente: elaboración propia.

Estas moléculas son esenciales para todo ser vivo, ya que son la base para que exista la vida. Las proteínas cumplen diversas funciones en las células, principalmente en el metabolismo de los seres vivos. En el caso de los organismos vegetales son indispensables durante el período de la fotosíntesis para la generación del alimento de todos los tejidos vegetales formando proteínas. Esto a su vez genera los siguientes procesos biológicos vegetales:

- Fotosíntesis
- Respiración
- Absorción de nutrientes minerales
- Transporte de carbohidratos



Por tanto, solamente difieren en la estructura del grupo R enlazada al carbono  $\alpha$ . De hecho, los aminoácidos se clasifican más comúnmente de acuerdo al grupo R que forma la molécula y la química asociada e influida por este grupo. La polaridad, el tamaño y forma de los grupos R influyen en función de los sistemas biológicamente activos como las proteínas y las enzimas.

## 1.2. Propiedades químicas y físicas de los $\alpha$ -aminoácidos

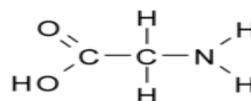
Los aminoácidos son compuestos anfóteros que contienen un grupo amino pudiendo existir en forma catiónica como el ion amonio ( $-\text{NH}_3$ ). Un grupo carboxílico ácido, puede existir fácilmente como el anión carboxilato ( $-\text{COO}$ ).

Aunque en el estado cristalino sólido, todos los aminoácidos existen en formas estables zwitteriónicas de alto punto de fusión, pero no sucede lo mismo en solución acuosa. Esto se observa más fácilmente al estudiar las diversas formas de equilibrio posibles en soluciones ácidas, básicas y neutras.

## 1.3. Glicina

Llamado también glicocola (Gly, G) es uno de los aminoácidos que forman las proteínas de los seres vivos. En el código genético está codificada como GGT, GGC, GGA o GGG. El nombre IUPAC de la molécula de este compuesto es ácido 2-aminoetanoico. Tiene una estructura molecular de la siguiente forma:

Figura 3. Estructura de glicina



Fuente: elaboración propia.

Es el aminoácido más pequeño y el único no quiral de los 20 aminoácidos presentes en la célula. Su fórmula química es  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$  y su masa es 75,07. La glicina es un aminoácido no esencial.

La glicina actúa como neurotransmisor inhibitor en el sistema nervioso central. Fue propuesta como neurotransmisor en 1965. La glicina se utiliza (*in vitro*) como medio gástrico, en disolución 0,4 M, amortiguada al ácido estomacal, para determinar bioaccesibilidad de elementos potencialmente tóxicos (metales pesados) esto como indicador de biodisponibilidad.

Entre las funciones especiales en el desempeño biológico en seres humanos se puede listar a continuación:

- “Ayuda a controlar los niveles de amoniaco en el cerebro.
- Actúa como un neurotransmisor tranquilizante del cerebro.
- Ayuda a controlar las funciones motoras del cerebro.
- Actúa como un antiácido.
- Ayuda a aumentar la liberación de la hormona del crecimiento.
- Retarda la degeneración muscular.
- Mejora el almacenamiento de glucógeno, liberando así la glucosa para las necesidades de energía.
- Promueve una próstata sana.
- Ayuda a mantener sano el sistema nervioso central.
- Colabora en la correcta actividad del sistema inmunológico.
- Es un aminoácido útil para reparar tejidos dañados, ayudando a su curación.”<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup>PABÒN. Hernando. *Los aminoácidos libres una clase de bioactivadores*. p. 71 – 77.

La glicina específicamente es el interés dentro del estudio realizado, se clasifica dentro de los aminoácidos polares sin carga. Hay una gran cantidad de aminoácidos y proteínas que generan los organismos vegetales y que cumplen diversas funciones dentro del metabolismo, desarrollo y período de vida de la planta. La glicina específicamente como aminoácido esencial para el metabolismo cumple dentro de los organismos vegetales las siguientes funciones:

- Ejerce un efecto quelatante importante, que es indispensable para la asimilación de elementos básicos esenciales. Estos son transmitidos a la planta a través de la raíz y que se acumula en la clorofila.
- Favorece el desarrollo de brotes y hojas, ya que estimula la producción de proteínas que generan tejidos nuevos para la regeneración constante del follaje de la planta, transformando potasio (K) y zinc (Zn) como principales elementos generadores de proteínas en los tejidos vegetales.
- Precursor de grupos pirrol (clorofila), como estimulante de la producción de clorofila y carbohidratos. Estos son la base de la subsistencia los tejidos vegetales.
- Participa en los sistemas de resistencia de la planta junto con la lisina, generando anticuerpos contra el ataque de innumerables bacterias que atacan los tejidos de los vegetales. Esto provoca el estrés vegetal que tiene las siguientes manifestaciones:
  - Cese de la fotosíntesis
  - Aumento de la respiración

- Inicio y aceleración de la senescencia foliar
- Disminución de la síntesis de metabolitos
- Aumento de la degradación y consumo de proteínas
- Aumento de la síntesis de ABA (ácido abscísico)

“El ácido abscísico es la hormona que genera estrés vegetativo a las plantas, por lo cual altera la capacidad de realizar los procesos metabólicos de los vegetales y por ende las funciones vitales para subsistir.”<sup>3</sup>

En el caso de la carencia de glicina para el consumo humano puede manifestarse por las siguientes características:

- Alteraciones del crecimiento
- Contracciones musculares bruscas
- Espasticidad
- Retraso en la restauración de tejidos dañados
- Debilidad de la próstata
- Trastornos de la presencia o carencia de glucosa en el organismo

“Aun teniendo numerosos beneficios para la salud, esta se debe limitar su consumo a un máximo de 60 g durante 10 días que puede ocasionar la muerte por hiperexcitabilidad.”<sup>4</sup>

Entre los alimentos que tienen cierto contenido considerable de glicina en su composición molecular se cita a continuación:

---

<sup>3</sup>PABÓN. Hernando. *Los aminoácidos libres una clase de bioactivadores*.p. 71 – 77.

<sup>4</sup>K. Weissermel / Arpe H. J. *Química Orgánica Industrial*. p. 326 – 342.

### **1.3.1 Alimentos de origen animal**

- Carnes porcinas
- Embutidos
- Carne de aves
- Pescado
- Lácteos
- Huevos

### **1.3.2 Alimentos de origen vegetal**

- Calabaza
- Guisantes
- Maíz
- Soya
- Frijol
- Cebada
- Zanahoria
- Remolacha
- Berenjena
- Centeno
- Frutas en general
- Legumbres
- Arroz integral
- Semillas
- Cereales integrales
- Frutos secos

“Es recomendada para el tratamiento de diversas enfermedades tales como:

- Artrosis
- Diabetes
- Trastornos del crecimiento
- Contracciones musculares
- Degeneración muscular
- Osteoporosis
- Prevención de ataques epilépticos
- Reducción de la acidez estomacal
- Prevención de la esclerosis múltiple
- Aumento del sistema inmunológico
- Curación de heridas
- Determinante en las funciones mentales y la memoria.”<sup>5</sup>

#### **1.4. Espectrofotometría**

Es el método de análisis óptico más usado en las investigaciones químicas y bioquímicas. El espectrofotómetro es un instrumento que permite comparar la radiación absorbida o transmitida por una solución que contiene una cantidad desconocida de soluto, y una que contiene una cantidad conocida de la misma sustancia. Todas las sustancias pueden absorber energía radiante, aún el vidrio que parece ser completamente transparente absorbe radiación de longitudes de ondas que no pertenecen al espectro visible.

---

<sup>5</sup>K. Weissermel / Arpe H. J. *Química Orgánica Industrial*. p. 326 – 342.

El agua absorbe fuertemente en la región del infrarrojo. La absorción de las radiaciones ultravioletas (UV), visibles e infrarrojas depende de la estructura de las moléculas, y es característica para cada sustancia química. Cuando la luz atraviesa una sustancia, parte de la energía es absorbida; la energía radiante no puede producir ningún efecto sin ser absorbida. El color de las sustancias se debe a que estas absorben ciertas longitudes de onda de la luz blanca que incide sobre ellas y solo dejan pasar a los ojos aquellas longitudes de onda no absorbidas.

La espectrofotometría ultravioleta-visible utiliza haces de radiación del espectro electromagnético, en el rango UV de 80 a 400 nm. Esto principalmente de 200 a 400 nm y en el de la luz visible de 400 a 700 nm. Por ello es de gran utilidad para caracterizar los materiales en la región ultravioleta y visible del espectro.

“Al campo de luz UV de 200 a 400 nm se le conoce también como rango de UV cercano. La espectrofotometría visible solamente usa el rango del campo electromagnético de la luz visible, de 400 a 700 nm. Además, no está de más mencionar el hecho de que la absorción y transmitancia de luz depende tanto de la cantidad de la concentración como de la distancia recorrida. La glicina tiene un rango de absorción de entre 200 – 800 nm al momento de medir el espectro de la cantidad de energía absorbida por el haz de luz.”<sup>6</sup>

Con ello se puede determinar la existencia de la glicina en una muestra desconocida. Para el caso en estudio se pretende determinar por este método la formación del aminoácido durante la prueba de síntesis.

---

<sup>6</sup>LEVINE, Ira N. *Fisicoquímica*. p. 481-482.

### 1.4.1 Ley de Lambert-Beer

En óptica, esta ley, también conocida como ley de Beer o ley de Beer-Lambert-Bouguer es una relación empírica que relaciona la absorción de luz con las propiedades del material atravesado.

La misma relaciona la intensidad de luz entrante en un medio con la intensidad saliente después de que en dicho medio se produzca absorción. La relación entre ambas intensidades puede expresarse a través de las siguientes relaciones:

Para líquidos:

$$\frac{I_1}{I_0} = 10^{-\alpha \ell} = 10^{-\epsilon \ell c} = 10^{-A}$$

Donde:

$I_1, I_0$ , son las intensidades saliente y entrante respectivamente.

$A = \alpha \ell c$ , es la absorbancia, que puede calcularse también como:

$$A = -\log_{(10)} \frac{I_1}{I_0}$$

$\ell$  es la longitud atravesada por la luz en el medio,

$c$  es la concentración del absorbente en el medio.

$\alpha$  es el coeficiente de absorción,

Coeficiente de absorción:

$$\alpha' = \frac{4\pi k_\lambda}{\lambda}$$

$\lambda$  es la longitud de onda de la luz absorbida.

$k_{\lambda}$  es el coeficiente de extinción.

La ley explica que hay una relación exponencial entre la transmisión de luz a través de una sustancia y la concentración de la sustancia, también entre la transmisión y la longitud del cuerpo que la luz atraviesa. Si conocemos  $\ell$  y  $\alpha$ , la concentración de la sustancia puede ser deducida a partir de la cantidad de luz transmitida.

Las unidades de  $c$  y  $\alpha$  dependen del modo en que se exprese la concentración de la sustancia absorbente. Si la sustancia es líquida, se suele expresar como una fracción molar. Las unidades de  $\alpha$  son la inversa de la longitud (por ejemplo  $\text{cm}^{-1}$ ). En el caso de los gases,  $c$  puede ser expresada como densidad (la longitud al cubo, por ejemplo  $\text{cm}^{-3}$ ), en cuyo caso  $\alpha$  es una sección representativa de la absorción y tiene las unidades en longitud al cuadrado ( $\text{cm}^2$ , por ejemplo). Si la concentración de  $c$  está expresada en moles por volumen,  $\alpha$  es la absorbancia molar normalmente dada en  $\text{mol cm}^{-2}$ .

“El valor del coeficiente de absorción  $\alpha$  varía según los materiales absorbentes y con la longitud de onda para cada material en particular. Se suele determinar experimentalmente. La ley tiende a no ser válida para concentraciones muy elevadas, especialmente si el material dispersa mucho la luz. La relación de la ley entre concentración y absorción de luz está basada en el uso de espectroscopia para identificar sustancias.”<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup>HINES, Anthony L. *Transferencia de Masa, Fundamentos y Aplicaciones*. p. 249.

## 1.5 Lixiviación

Esto se define como el método por el cual se extrae uno o varios solutos de un sólido. Esto mediante la utilización de un disolvente líquido, el cual por lo general es compatible en cuanto la polaridad de la naturaleza del soluto. Lo que hace que quede en disolución.

“Ambas fases entran en contacto íntimo y el soluto o los solutos pueden difundirse desde el sólido a la fase líquida. Esto produce una separación de los componentes originales del sólido. Es de gran aplicación en la industria química, como por ejemplo:

- Recuperación de aceites vegetales a partir de las semillas.
- Extracción de pigmentos para la fabricación de colorantes.
- La separación de metales preciosos adheridos a diferentes minerales.

En el caso de lixiviación se encuentran dos casos particulares:

- Como primer caso se dispone de una cantidad de solvente suficiente para disolver y contener todo el soluto de dos fases, y en el equilibrio todo el soluto se encuentra en disolución. Por lo cual existen entonces 2 fases: la sólida y la disolución. Por tanto el número de componentes sería 3. Las variables que pueden incluirse son temperatura, presión y concentración de soluto; siendo todas ellas independientes.
- Cuando el disolvente disponible no es suficiente para disolver todo el soluto presente, por lo que el soluto permanece como una fase sólida dentro del medio en equilibrio con el líquido. Siendo para este sistema las variables, temperatura, presión y concentración de la disolución saturada. Si se fija la presión del sistema entonces la concentración del

sistema dependerá exclusivamente de la temperatura del medio. Lo cual se define e interpreta realizando una curva de solubilidad del soluto con el disolvente.”<sup>8</sup>

La lixiviación difiere muy poco del lavado o filtrado de sólidos, en el caso de la lixiviación la cantidad de material soluble separado es con frecuencia mayor que el lavado de la filtración ordinaria y las propiedades de los sólidos que pueden tener variaciones considerables durante la operación del proceso de lixiviación y bajo las condiciones que se lleve a cabo.

En algunas operaciones de la lixiviación el sólido es totalmente impenetrable e inerte a la acción del disolvente y lleva una película de disolución concentrada sobre su superficie. En tal caso implica que el proceso simplemente la igualación de las concentraciones en la totalidad global del extracto o la película que sea adherida.

En tal caso el proceso es rápido y cualquier tiempo razonable de contacto conduce a la etapa de equilibrio, en determinadas situaciones el soluto está distribuido en un sólido más o menos permeable. Para este caso de estudio por la rigidez que presenta el grano de soya del cual se obtiene, posee una baja permeabilidad y alta dureza por lo cual se le considera impenetrable.

Para obtener la mayor cantidad de producto es que se selecciona como materia prima la harina de soya que tiene el menor tamaño de partícula posible. Por ello la granulometría de dicho producto va desde el mesh 100 hasta el 180.

---

<sup>8</sup>McCABE, Warren L. *Operaciones básicas de Ingeniería Química*. p. 526 – 618.

Esto permite que tanto el llevar a cabo la reacción como la extracción de la molécula base del aminoácido sea fácil de obtener y en mayores proporciones en comparación con el grano de soya en sí.

“Hay diversos sistemas bajo los cuales se puede llevar a cabo la lixiviación. Para el presente caso, se asocia según la forma como se llevó a cabo en donde el medio es estacionario como un sistema de Lixiviación por percolación a través de un lecho estacionario de sólidos. Para tipo de sistemas, los sólidos se dispersan en el disolvente y posteriormente se separan de él, pudiendo realizarse por cargas o en operación continua.

Del sistema de extracción a base de la compatibilidad del hexano como medio orgánico siendo compatible con la naturaleza orgánica de la molécula, el cual posteriormente se separa por evaporación y recuperación del hexano sin afectar la concentración final del soluto obtenido, el cual es el producto intermedio para hacerlo reaccionar con el amoníaco y formar la molécula deseada del ácido 2-aminoetanoico (glicina).”<sup>9</sup>

## **1.6 Cinética de las reacciones químicas**

“Se denomina así a la parte de la fisicoquímica. Esta se encarga del estudio del comportamiento de la velocidad de reacción y mecanismo que siguen las moléculas, cuando se lleva a cabo una reacción química.

Las aplicaciones que tiene la cinética de reacciones en el campo de la industria son numerosas. En la síntesis industrial de sustancias, las velocidades

---

<sup>9</sup>McCABE WARREN L. *Operaciones básicas de Ingeniería Química*. p. 526 – 618.

de reacción son tan importantes como las constantes de equilibrio. El equilibrio termodinámico de un sistema de reacción nos indica la máxima cantidad a obtenerse de un producto, bajo condiciones dadas de temperatura y presión

Para este caso las variables son constantes y el estudio es basado directamente, en la influencia que ejerce la concentración sobre la velocidad de reacción para alcanzar el equilibrio, la cantidad máxima a formarse del producto intermedio y del producto final.”<sup>10</sup>

Frecuentemente en reacciones de síntesis orgánicas pueden ocurrir varias reacciones competitivas y la velocidad relativa de estas determina generalmente la de cada producto. Las velocidades de reacción son básicas para el funcionamiento de los organismos biológicos.

“Básicamente las reacciones químicas pueden clasificarse de dos formas:

- Reacciones homogéneas, denominada así a las que se llevan a cabo en una sola fase.
- Reacciones heterogéneas, las que implican la presencia de especies en dos o más fases.”<sup>11</sup>

### **1.6.1. Medición de las velocidades de reacción**

“Para medir la velocidad de reacción, por unidad de volumen, es necesario determinar la concentración de un reactivo o producto en función del

---

<sup>10</sup>LEVINE IRA N. *Fisicoquímica*. p. 345 – 382.

<sup>11</sup>LEVINE IRA N. *Fisicoquímica*. p. 345 – 382.

tiempo. De acuerdo con el método químico se colocan varios recipientes de reacción con la misma composición inicial, en un baño a temperatura constante.

A determinados intervalos se extraen muestras del baño, se disminuye o paraliza la reacción y rápidamente se hace el análisis químico de la mezcla. Para inhibir la reacción en un periodo establecido de tiempo es importante citar que el método más común para llevar a cabo es el enfriamiento, debido a que las reacciones químicas por lo general son exotérmicas, es un indicador de la reducción de la energía de activación del medio para impedir el proceso de continuidad del sistema.

También existe la forma de quitar un catalizador de la reacción, que bien puede ser el medio de reacción, o bien diluir abundantemente la mezcla y añadir especies que rápidamente se combinan con alguno de los reactivos; lo cual genera reacciones competitivas y colaterales que impiden el proceso normal del medio.”<sup>12</sup>

Para este caso, fue necesario inmergir los balones en los cuales se hizo reaccionar la mezcla del sistema en hielo y diluir el medio para tener opción, a realizar las respectivas lecturas en el espectrofotómetro, a periodos definidos de tiempo. Partiendo desde el tiempo inicial y realizando lecturas cada 5 minutos hasta llegar a los 15 minutos.

Para dar fiabilidad a los resultados obtenidos se realizó en triplicado. Esto para obtener una apreciación del margen de error que pueden conllevar las lecturas realizadas, desde las variaciones realizadas más concentradas hasta las menos concentradas.

---

<sup>12</sup>LEVINE IRA N. *Fisicoquímica*. p. 345 – 382.

“Otra forma que se puede apreciar el proceso de reacción es por la variación de volumen que tiene el sistema mediante un análisis de cromatografía, sea de tipo líquida o gaseosa. Por lo general los métodos físicos de apreciación son menos laboriosos que los métodos químicos para interpretar el proceso de la reacción.

Para este caso debido a que el compuesto formado posee una banda característica de absorción espectroscópica, puede usarse para el estudio de la cinética la intensidad de dicha absorción. Si por el contrario, el medio es ópticamente activo puede usarse también la rotación óptica.”<sup>13</sup>

### 1.6.2. Influencia de la temperatura en las constantes de velocidad

Las constantes dependen sustancialmente de la temperatura aumentando normalmente con ella. Una forma aproximada válida como regla para muchas reacciones en disolución, es que cerca de la temperatura ambiente,  $K$  se duplica o triplica por cada aumento de temperatura de 10 °C.

En 1889 Arrhenius demostró que los datos de la constante  $k(T)$  para muchas reacciones podían ajustarse por la siguiente expresión:

$$K = Ae^{-E_a/RT}$$

En donde  $A$  y  $E_a$  son constantes características de la reacción.  $E_a$  es la llamada energía de activación de Arrhenius, las unidades de  $A$  son las mismas de  $k$ . Las de  $E_a$  son las mismas que las de  $RT$ , es decir, energía por mol, generalmente expresadas como kcal/mol o kJ/mol.

---

<sup>13</sup> ATKINS P. W. *Físicoquímica*. p. 804 – 825.

Las reacciones iónicas en fase gaseosa ocurren cuando la energía necesaria para ionizar moléculas proviene de una fuente externa. En un espectrofotómetro de masas, el bombardeo por un haz de electrones consigue desprender electrones de las moléculas en fase gaseosa, por lo que en dichos aparatos es posible estudiar este tipo de reacciones también.

A presiones bajas o intermedias las moléculas de un gas están distantes y se mueven libremente entre colisiones. En un líquido hay poco espacio vacío entre moléculas y no pueden moverse tan libremente. Por el contrario una molécula puede visualizarse como rodeada por una celda compuesta por las otras moléculas.

Una molécula vibra contra las paredes de esta celda muchas veces antes de que pueda ser oprimida entre las moléculas de los alrededores, y se difunda de la celda. La estructura por esta parte recuerda a la de un sólido, ya que la reducida movilidad de sus componentes dificulta que los dos reactivos A y B se acerquen entre sí.

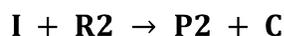
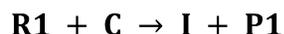
“Varias estimaciones teóricas indican que dos moléculas chocarán en una celda de 20 a 200 veces, antes de que se difundan fuera de la celda. En el caso de los líquidos, una molécula no es un proceso tan bien definido como en un gas. El número de colisiones por encuentro será mayor sea la viscosidad del disolvente.

Aunque el número de encuentros por unidad de volumen por segundo, entre pares de moléculas de soluto en una disolución líquida, es más pequeño que el número correspondiente de colisiones de un gas, el efecto compensador de un gran número de colisiones de un gas, por encuentro en la disolución, hace que el número de colisiones sea aproximadamente el mismo en una

disolución y un gas, para concentraciones de A y B comparables. La evidencia directa de ello es la casi constancia de la constante de velocidad para reacciones no polares, en tanto en fase gaseosa como disoluciones.”<sup>14</sup>

### 1.6.3. Catálisis

Un catalizador es una sustancia que aumenta la velocidad de reacción y es recobrado, sin cambio químico, al final de la reacción. La velocidad de la reacción depende de las constantes de velocidad en las etapas elementales que componen el mecanismo de la reacción. Un catalizador suministra un mecanismo alternativo más rápido que el que tendría lugar en ausencia del mismo. Además, aunque él participe debe regenerarse. Un esquema que puede representar la acción del catalizador puede ser el siguiente:



El mecanismo de reacción, llevado a cabo por una reacción bajo la influencia de un catalizador, se aprecia consumiendo para formar un intermedio. Este reacciona para regenerar el catalizador en la síntesis final, y dar productos distintos al inicial. Para el caso de estudio este esquema representa perfectamente nuestro caso de estudio sobre el cual se realizó la investigación.

Este mecanismo tiene una energía de activación global que es inferior al del mecanismo en ausencia de cuando posee C. Se define además que un catalizador al final no altera la posición de equilibrio de la reacción. Asimismo también un catalizador para una reacción directa también debe ser un catalizador para la reacción inversa.

---

<sup>14</sup>HINES Anthony L. *Transferencia de Masa, fundamentos y aplicaciones*. p. 345 – 376.

La catálisis se divide en:

- Catálisis homogénea, donde la reacción catalítica ocurre en una sola fase.
- Catálisis heterogénea, (o de contacto denominada también), en la cual la reacción ocurre en la interfase de las dos fases. La mayoría de las reacciones químicas industriales tienen lugar en presencia de catalizadores sólidos. Para que un catalizador sólido sea efectivo, uno o más de los reactivos deben quimiadsorberse en el sólido. La adsorción física se considera de poca o nula importancia en la catálisis heterogénea.

Únicamente se conoce el mecanismo de unas pocas reacciones catalíticas heterogéneas. Al escribir dichos mecanismos, el centro de adsorción suele indicarse por un asterisco. La mayor parte de los catalizadores heterogéneos son metales, óxidos metálicos o ácidos. Los catalizadores metálicos más usuales contienen Fe, Co, Ni, Pd, Pt, Cr, Mn, W, Ag y Cu. Para aumentar la superficie del catalizador, este se distribuye a menudo en un soporte poroso (o propagador). El soporte puede ser inerte o puede contribuir a la actividad catalítica, dependiendo de la reacción.

La actividad del catalizador puede aumentarse y su tiempo de vida extenderse añadiendo pequeñas cantidades de sustancias llamadas promotores. Asimismo hay otras sustancias que enlazan fuertemente al catalizador denominadas como venenos, para inactivarlo o controlar la velocidad de la reacción. Estos venenos pueden estar presentes en los reactivos como impurezas o por efecto de la presión sobre el sistema de reacción.

La cantidad de veneno necesaria para eliminar la actividad de un catalizador suele ser siempre menor que la requerida para cubrir la superficie del soporte que posee el catalizador. Ello indica que la actividad catalizadora se localiza en gran medida en una pequeña fracción de sitios superficiales llamados sitios activos o centros activos.

La superficie de un sólido no es suave y uniforme, sino más bien rugosa, a nivel atómico. La superficie de un catalizador metálico contiene barreras o discontinuidades, que unen planos relativamente suaves; hay evidencia de que los hidrocarburos se rompen principalmente en estas barreras y no en los planos suaves. En las reacciones catalizadas por sólidos por lo general hay que considerar las siguientes cinco etapas:

- Difusión de los reactivos hasta la superficie del sólido.
- Quimisorción de los reactivos en la superficie del sólido.
- Reacciones de las moléculas adsorbidas en la superficie.
- Desorción de los productos de la superficie.
- Difusión de las moléculas de producto desde la superficie del sólido hacia la fase fluida.

Un tratamiento general implica las velocidades de las cinco etapas, lo cual es complicado. En muchos casos una de estas etapas es más lenta que todas las otras y solamente es necesario considerar la velocidad de la más lenta. La difusión, (etapas 1 y 5), es generalmente rápida en gases. Se restringe el tratamiento a las reacciones gaseosas catalizadas por sólidos, donde la etapa 3 es más lenta que las otras. La etapa 3 implica dos reacciones elementales. "Dado que generalmente se desconoce el mecanismo completo de la reacción superficial, se adopta por simplicidad, la hipótesis de considerar la etapa 3

como una reacción elemental simple (unimolecular o bimolecular) o como una reacción elemental lenta (limitante) seguida de una o más etapas rápidas.

Puesto que se supone que las velocidades de adsorción y desorción son mucho mayores que las de la propia reacción química para cada sustancia, el equilibrio de adsorción-desorción se mantiene en cada sustancia a lo largo de la reacción; podemos por tanto, usar la isoterma de Langmuir, que se deduce igualando las velocidades de adsorción y desorción para cada sustancia.

Por supuesto la isoterma de Langmuir supone una superficie uniforme, lo cual queda alejado de la realidad en la catálisis heterogénea, por lo que el uso de la isoterma de Langmuir confiere un carácter aproximado al tratamiento.”<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup>ATKINS P. W. *Fisicoquímica*. p. 804 – 825.

## 2. METODOLOGÍA

Se hicieron combinaciones desde las concentraciones máximas a concentraciones mínimas de ácido clorhídrico. Esto como precursor que rompe moléculas mayores de diversas proteínas, dando como resultado la molécula metil cloro acetato ( $\text{ClCH}_2\text{COOH}$ ). Esto al combinarse con amoníaco, formó el aminoácido (ácido 2-aminoetanoico); variando las concentraciones de la siguiente forma:

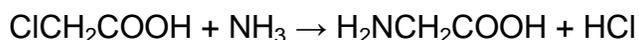


Tabla I. **Concentraciones propuestas para síntesis de la Glicina**

Concentración % HCl	37,00	31,45	25,90	20,35	14,80	9,25
Concentración % $\text{NH}_3$	25,00	21,25	17,50	13,75	10,00	6,25

Fuente: elaboración propia.

Para iniciar el proceso se disuelven 25 g de harina de soya en HCl, teniendo hidrolizadas las moléculas de proteína, y de ello se procede a mezclar con  $\text{NH}_3$ , de la forma como se indica en la siguiente tabla:

Tabla II. **Combinaciones de concentración, propuestas para síntesis de la glicina, con %HCl constante, variando concentraciones de %NH<sub>3</sub>, a condiciones normales de laboratorio y T = 25 °C**

Concentración de porcentaje HCl constante	Concentraciones de %NH <sub>3</sub> , variables a condiciones normales de laboratorio T= 25° C					
37,00	25,00	21,25	17,50	13,75	10,00	6,25
31,45	25,00	21,25	17,50	13,75	10,00	6,25
25,90	25,00	21,25	17,50	13,75	10,00	6,25
20,35	25,00	21,25	17,50	13,75	10,00	6,25
14,80	25,00	21,25	17,50	13,75	10,00	6,25
9,25	25,00	21,25	17,50	13,75	10,00	6,25

Fuente: elaboración propia.

De estas combinaciones posteriormente se realizaron diluciones para llevar a cabo las lecturas respectivas en el espectrofotómetro. Se toma en cuenta el espectro de absorción, por cual fue necesario determinar el porcentaje máximo que es capaz de leer según las concentraciones. Siendo este un 4,0 %, y variando en rangos de 0,8, hasta llegar a una dilución mínima de 0,8 %. Este es un esquema general que describe a continuación los procedimientos llevados a cabo para generar la síntesis, determinación de la curva de calibración con la muestra de referencia y evaluación de la cinética de reacción del sistema de reacción propuesto.

## 2.1 Síntesis de ácido 2-aminoetanoico

- Se prepararon disoluciones de 250 mL de HCl, 31,45 %, 25,90 %, 20,35 % HCl, 14,80 %, 9,25 % y HCl 37.00 % (puro).
- Se prepararon soluciones de 100 mL de NH<sub>3</sub> a porcentajes de 21,25 %, 17,50 %, 13,75 %, 10,00 %, 6.25 % y 25,00 % (puro).
- Se pesaron 25 g de harina de soya en 6 *beakers* de 250 mL.
- Se mezclaron 100 mL de disolución de HCl a los 25 g de harina de soya contenidos en cada *beaker*.
- Se dejó reposar el producto durante 72 horas, para lograr una disolución completa y homogeneización.
- Se agregaron 25 mL de hexano a la mezcla, para extraer la mayor cantidad de metil cloro acetato.
- Se separó el hexano mediante unidad de destilación.
- Se filtró cada muestra con un sistema de vacío, para eliminar el exceso de sólidos en suspensión.
- Se tomó una alícuota de 5 mL del producto restante después de la filtración, colocándolo en un balón de 50 mL.

- Se agregó 10 mL de cada disolución de  $\text{NH}_3$ .
- Se agitó la mezcla y aforó hasta 50 ml con agua desmineralizada.
- Se dejaron reposar las muestras por 72 horas.
- Después de reposar, se diluyó cada muestra a porcentajes de 4,0 %, 3,2 %, 2,4 %, 1,6 % y 0,8 %.
- Se realizaron lecturas en el espectrofotómetro en triplicado.
- Se secó el producto sobrante para realizar pruebas de identificación
- Se realizaron pruebas de identificación a las muestras obtenidas.

## **2.2 Curva de calibración y lectura de muestra de referencia**

- Se preparó una solución de relleno con 25 g de glicina en 100 mL en agua desmineralizada.
- Se diluyeron la solución de referencia en porcentajes inferiores para análisis espectrofotométrico 4,00 %, 3,75 %, 3,50 %, 3,25 %, 3,00 %, 2,75 %, 2,50 %, 2,25 %, 2,00 %, 1,75 %, 1,50 %, 1,25 % y 1,00 %.
- Se filtraron las muestras para eliminar la cantidad de sólidos en exceso.
- Las lecturas se hicieron en triplicado, en el espectrofotómetro a 300 nm, de cada una de las muestras para elaborar curva de calibración.

- Se realizaron pruebas de identificación cualitativas olor, color, apariencia.
- Se realizaron pruebas de identificación cuantitativas punto de fusión, solubilidad y medición de ácido (pH).

### **2.3 Medición de la cinética y velocidad de reacción**

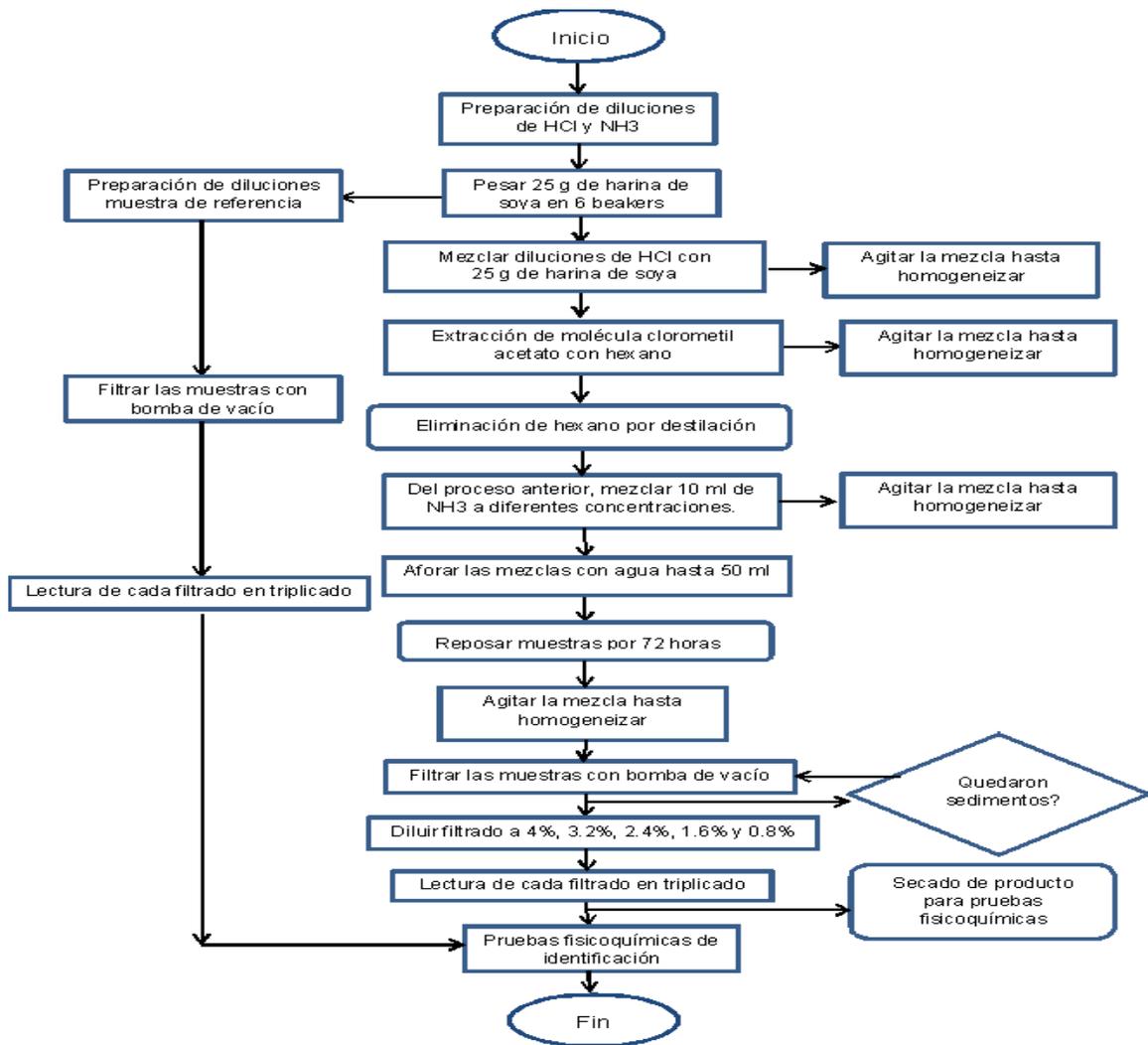
- Se prepararon disoluciones de 250 mL de HCl, 31,45 %, 25,90 %, 20,35 %, 14,80 %, 9,25 % y 37,00 % (puro).
- Se prepararon disoluciones 100 mL de NH<sub>3</sub> a porcentajes de 21,25 %, 17,50 %, 13,75 %, 10,00 %, 6,25 y 25,00 % (puro).
- Se pesaron 25 g de harina de soya en 6 *beakers* de 250 mL.
- Se mezclaron 100 mL de disolución de HCl a los 25 g de harina de soya.
- Se dejó reposar el producto durante 72 horas.
- Se agregaron 25 mL de hexano a la mezcla.
- Eliminación del hexano, mediante unidad de destilación.
- Se filtraron las muestras con bomba de vacío para eliminar el exceso de sólidos en suspensión.

- Se tomó una alícuota de 5 mL de cada muestra del producto restante después de la filtración, colocándolo en un balón de 50 mL.
- Se preparó baño de agua con hielo para colocar las muestras de reacción.
- Se agregaron 10 mL de disoluciones de cada disolución de  $\text{NH}_3$ .
- Se sumergen las muestras en el baño de agua con hielo.
- Se agitaron las muestras y aforaron hasta 50 mL con agua desmineralizada.
- Se dejan en reposo las muestras, por 72 horas.
- Diluir cada muestra a porcentajes de 4,0 %, 3,2 %, 2,4 %, 1,6 % y 0,8 %.
- Se realizan lecturas en el espectrofotómetro en triplicado.

## 2.4 Diagrama de flujo

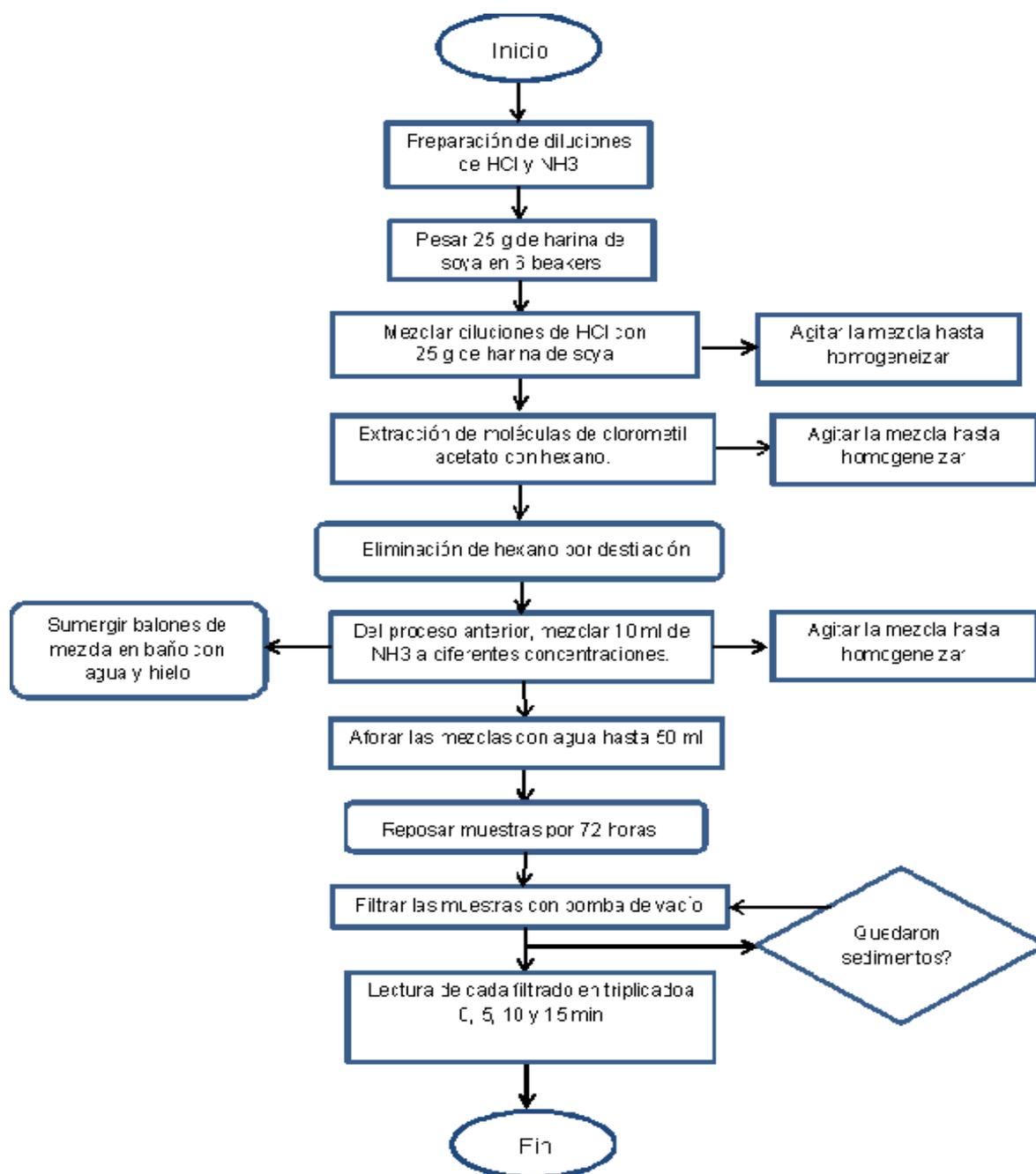
De los procedimientos descritos anteriormente, se elaboraron las siguientes figuras de diagrama de flujo, para apreciar de una manera gráfica y descriptiva los pasos llevados a cabo en cada etapa de la experimentación.

Figura 4. Metodología para síntesis de la glicina



Fuente: elaboración propia.

Figura 5. Metodología para cálculo de la cinética de reacción



Fuente: elaboración propia.

### 3. RESULTADOS

La base de cálculo para realizar la dilución de las muestras se realizó en base a la cantidad teórica de 211,1 g/litro, de solubilidad del producto en agua a temperatura de 25 °C.

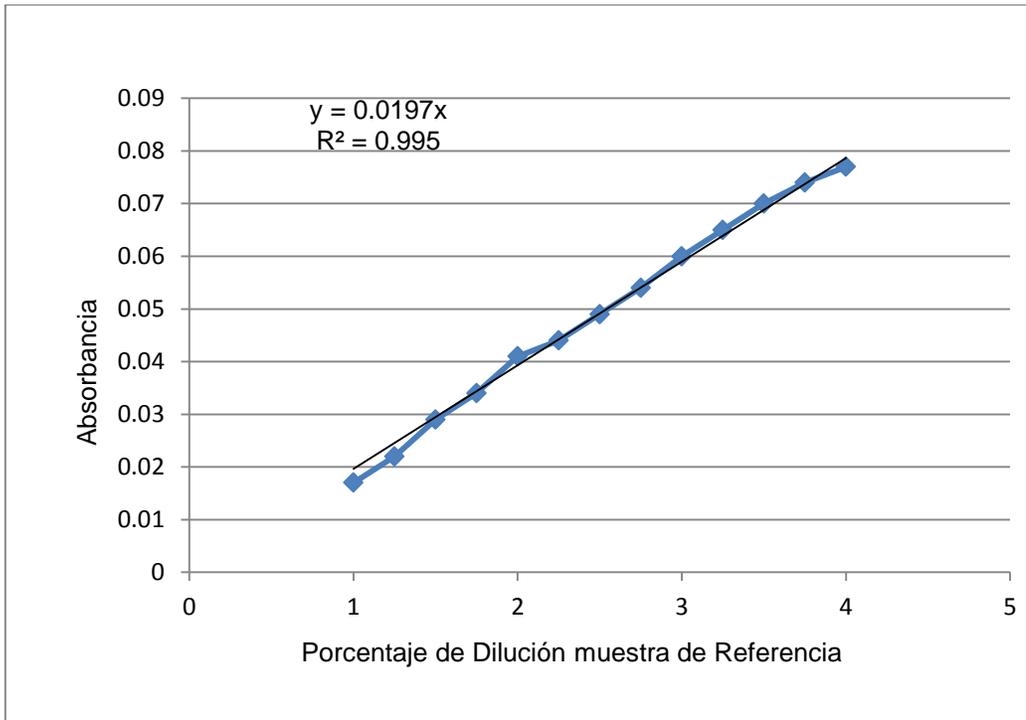
Tabla III. **Datos para curva de calibración realizada con base en la muestra comparativa de glicina**

Porcentaje de dilución de muestras	Lectura en espectro absorbancia
1,00	0,017
1,25	0,022
1,50	0,029
1,75	0,034
2,00	0,041
2,25	0,044
2,50	0,049
2,75	0,054
3,00	0,060
3,25	0,065
3,50	0,070
3,75	0,074
4,00	0,077

Fuente: elaboración propia.

De estos mismos datos, se desprende la curva de calibración, con la cual se realiza el cálculo de las concentraciones aplicando la ley de Lambert-Beer. Esta se muestra a continuación:

Figura 6. **Curva de calibración de lectura de diluciones realizadas de la muestra de producto de referencia para la comparación y cálculo de valores cinéticos de la glicina**



Fuente: elaboración propia.

Siguiendo la mecánica de cálculo establecida por la ley de Lambert-Beer, la cual establece que:

$$\frac{I_1}{I_0} = 10^{-\alpha \ell} = 10^{-\epsilon \ell c} = 10^{-A}$$

de la cual se ha amplia el concepto y descripción en el marco teórico, establece que para obtener la relación del espectro de luz que atraviesa la solución de producto con respecto a la concentración de solidos totales del medio, da como resultado de la correlación de datos el modelo matemático:

$$Y = 0,0197x$$

Siendo estos valores:

Y = absorbancia del espectro registrada en el espectrofotómetro

X = concentración final de producto formado

Se procedió a realizar con cada serie de lecturas del espectro de luz obtenido con base en este modelo. Sobre todo los cálculos para obtener las concentraciones obtenidas de producto. Teniendo calculadas concentraciones se aplica el modelo matemático establecido para cálculo por el método de velocidades iniciales. Este proporciona todos los valores obtenidos para el cálculo de la cinética de la reacción de síntesis con base en las repeticiones y variaciones realizadas de concentraciones de ácido clorhídrico y amoniaco.

Los resultados obtenidos a través de las mediciones realizadas en el espectrofotómetro, para el cálculo del orden de reacción en cada variación de concentración, se listan en los anexos.

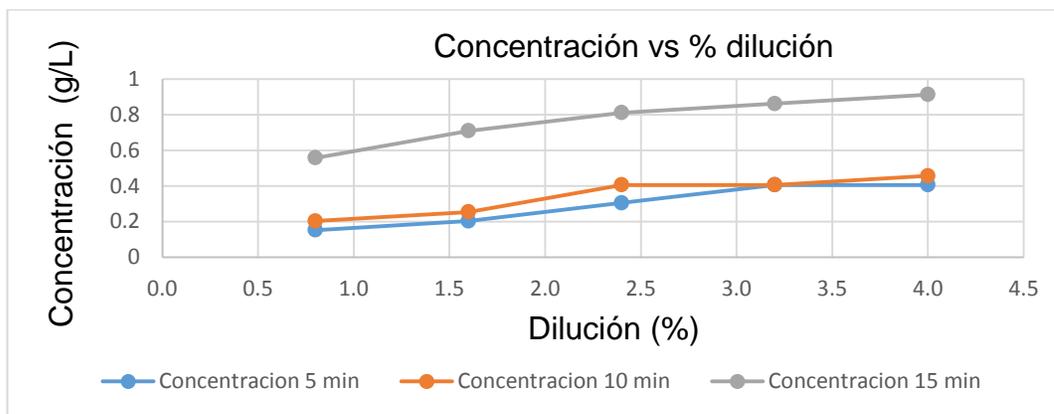
A partir de los cálculos de concentración se muestran en las siguientes tablas la cantidad sintetizada de ácido 2-aminoetanoico. Esto juntamente con la representación gráfica que permite percibir los cambios ascendentes conforme el tiempo.

Tabla IV. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar con HCl al 37,00 % con NH<sub>3</sub> al 25,00 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,406	0,457	0,914
3,2	0,406	0,406	0,863
2,4	0,305	0,406	0,812
1,6	0,203	0,254	0,710
0,8	0,152	0,203	0,558

Fuente: elaboración propia.

Figura 7. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar con HCl al 37,00 % con NH<sub>3</sub> al 25,00 %**



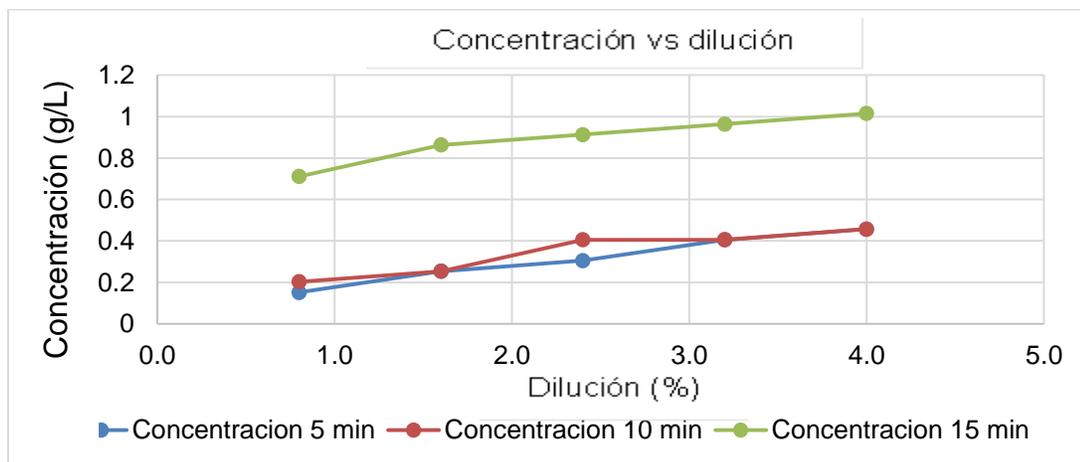
Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotetría, al reaccionar con HCl al 37,00 % con NH<sub>3</sub> al 21,25 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,457	0,457	1,015
3,2	0,406	0,406	0,964
2,4	0,305	0,406	0,913
1,6	0,254	0,254	0,863
0,8	0,152	0,203	0,711

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotetría, al reaccionar HCl al 37,00 % con NH<sub>3</sub> al 21,25 %**



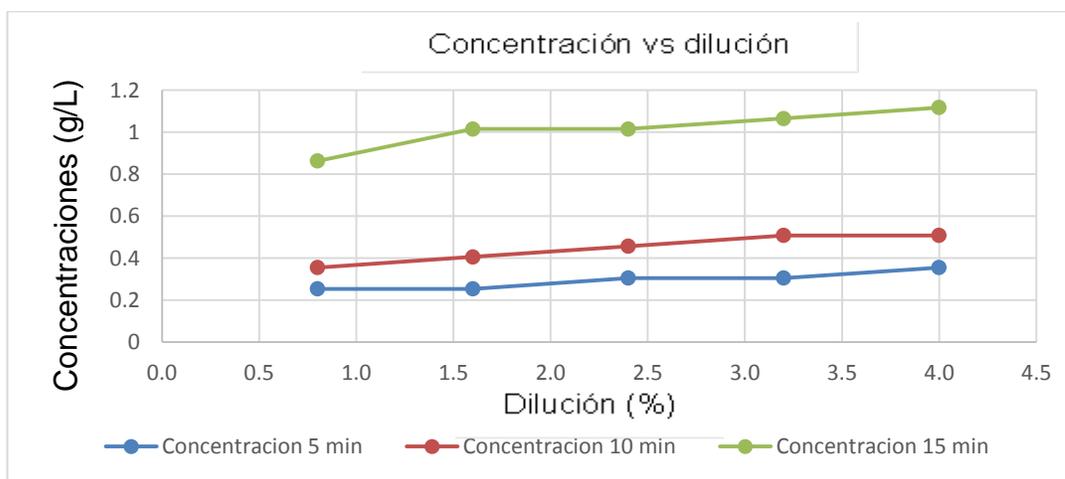
Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 37,00 % con NH<sub>3</sub> al 17,50 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,355	0,508	1,117
3,2	0,305	0,508	1,065
2,4	0,305	0,457	1,015
1,6	0,254	0,406	1,015
0,8	0,254	0,355	0,863

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 37,00 % con NH<sub>3</sub> al 17,50 %**



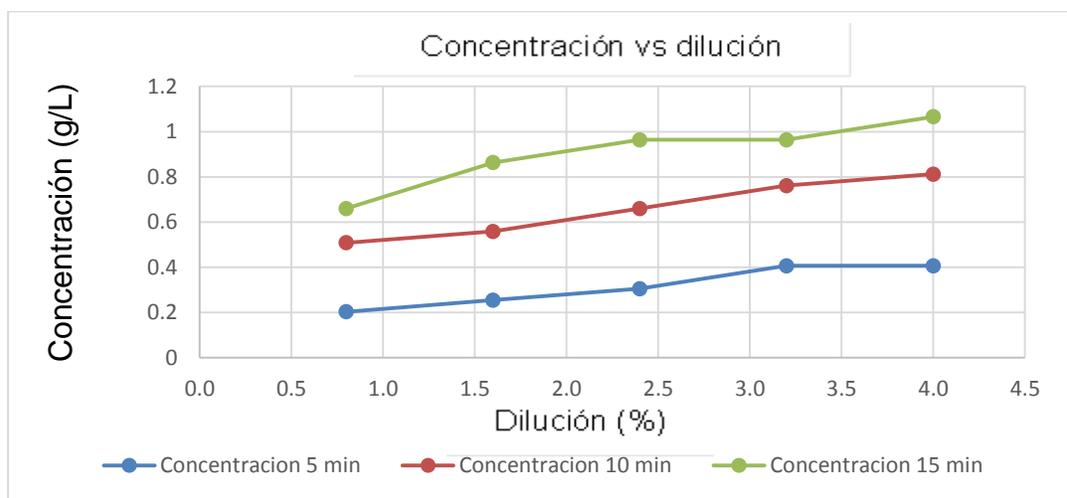
Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar con HCl al 37,00 % con NH<sub>3</sub> al 13,75 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,406	0,812	1,066
3,2	0,406	0,761	0,964
2,4	0,305	0,660	0,964
1,6	0,254	0,558	0,863
0,8	0,203	0,508	0,660

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 37,00 % con NH<sub>3</sub> al 13,75 %**



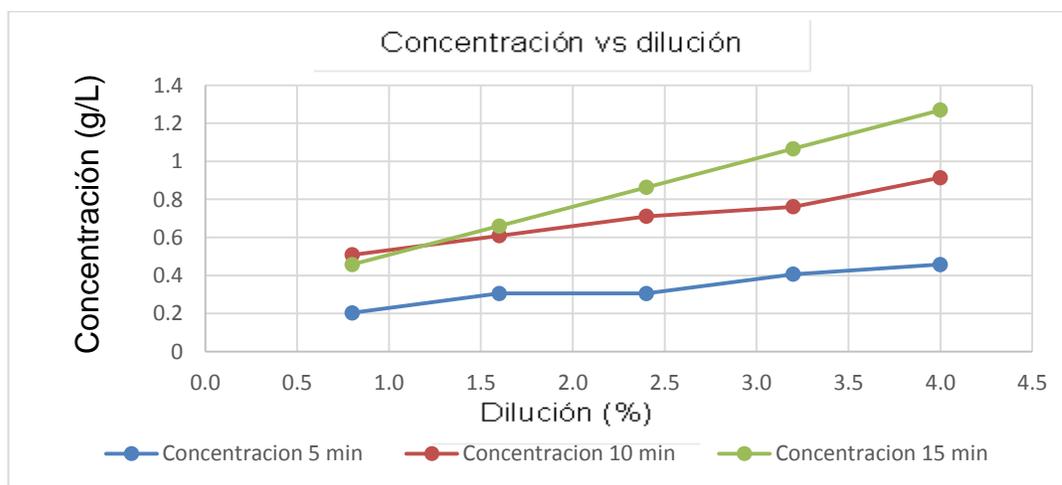
Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar con HCl al 37,00 % con NH<sub>3</sub> al 10,00 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,457	0,914	1,269
3,2	0,406	0,761	1,066
2,4	0,305	0,711	0,863
1,6	0,305	0,609	0,660
0,8	0,203	0,508	0,457

Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 37,00 % con NH<sub>3</sub> al 10,00 %**



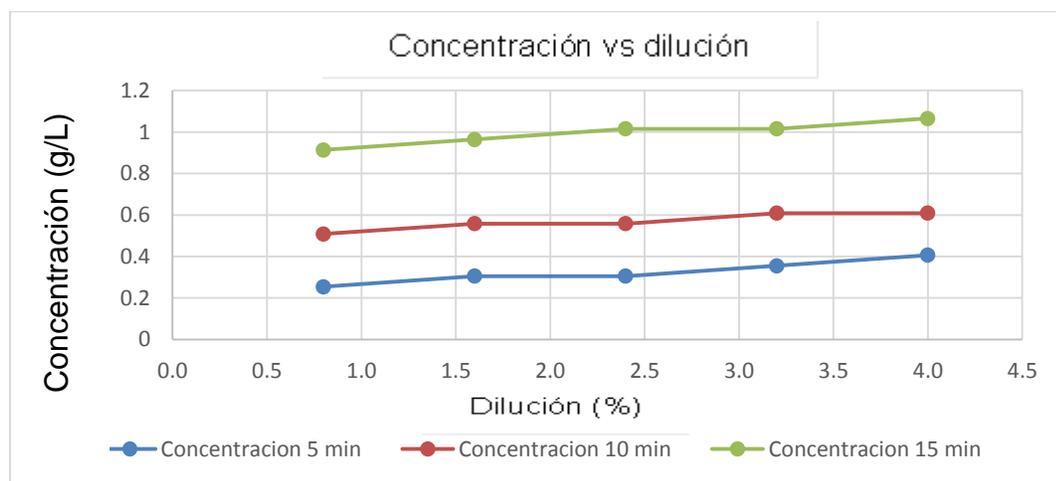
Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 37,00 % con NH<sub>3</sub> al 6,25 %**

% Dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,355	0,812	1,015
3,2	0,305	0,711	0,863
2,4	0,203	0,558	0,761
1,6	0,152	0,508	0,609
0,8	0,152	0,457	0,457

Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 37,00 % con NH<sub>3</sub> al 6,25 %**



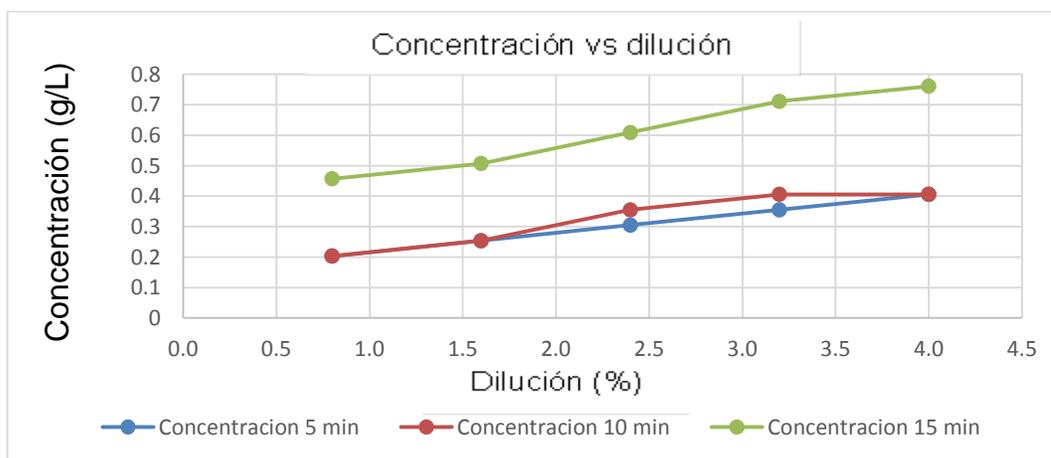
Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 31,45 % con NH<sub>3</sub> al 25,00 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,406	0,406	0,761
3,2	0,355	0,406	0,711
2,4	0,305	0,355	0,609
1,6	0,254	0,254	0,507
0,8	0,203	0,203	0,457

Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 31,45 % con NH<sub>3</sub> al 25,00 %**



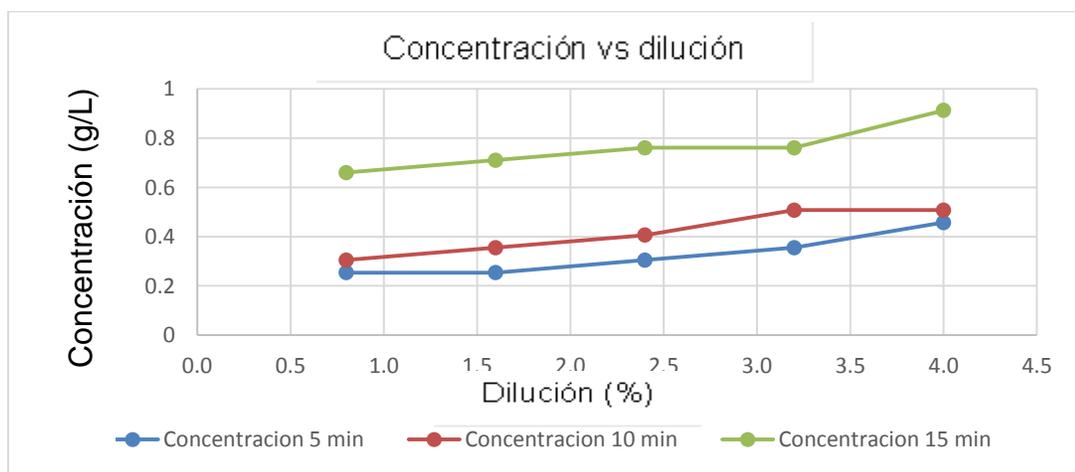
Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 31,45 % con NH<sub>3</sub> al 21,25 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,457	0,508	0,913
3,2	0,355	0,508	0,761
2,4	0,305	0,406	0,761
1,6	0,254	0,355	0,711
0,8	0,254	0,305	0,660

Fuente: elaboración propia.

Figura 14. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 31,45 % con NH<sub>3</sub> al 21,25 %**



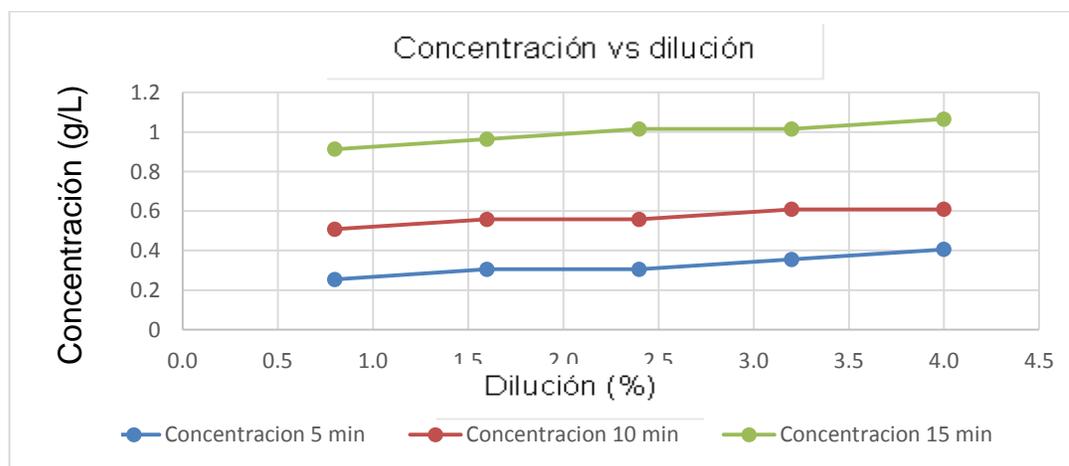
Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar con HCl al 31,45 % con NH<sub>3</sub> al 17,50 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,406	0,609	1,065
3,2	0,355	0,609	1,015
2,4	0,305	0,558	1,015
1,6	0,305	0,558	0,964
0,8	0,254	0,508	0,913

Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 31,45 % con NH<sub>3</sub> al 17,50 %**



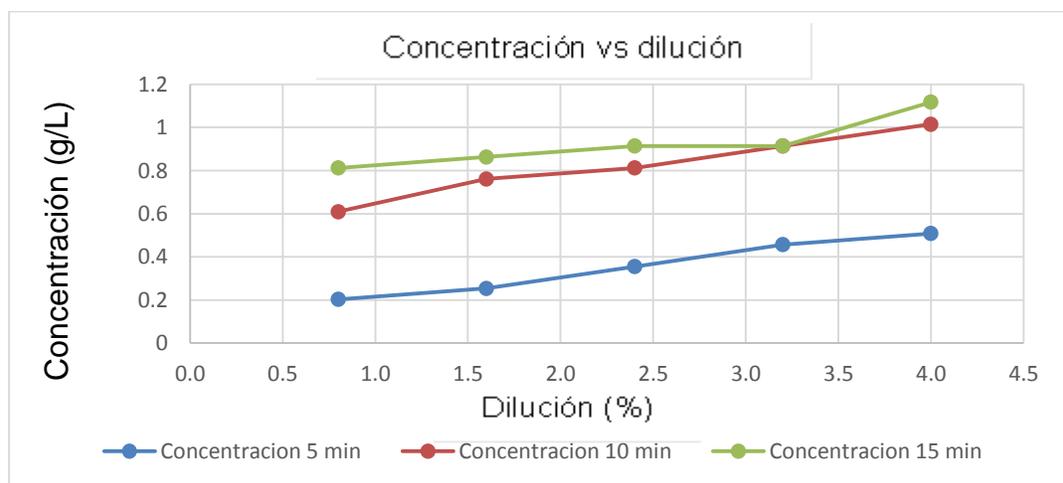
Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar con HCl al 31,45 % con NH<sub>3</sub> al 13,75 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,508	1,015	1,117
3,2	0,457	0,914	0,914
2,4	0,355	0,812	0,914
1,6	0,254	0,761	0,863
0,8	0,203	0,609	0,812

Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 31,45 % con NH<sub>3</sub> al 13,75 %**



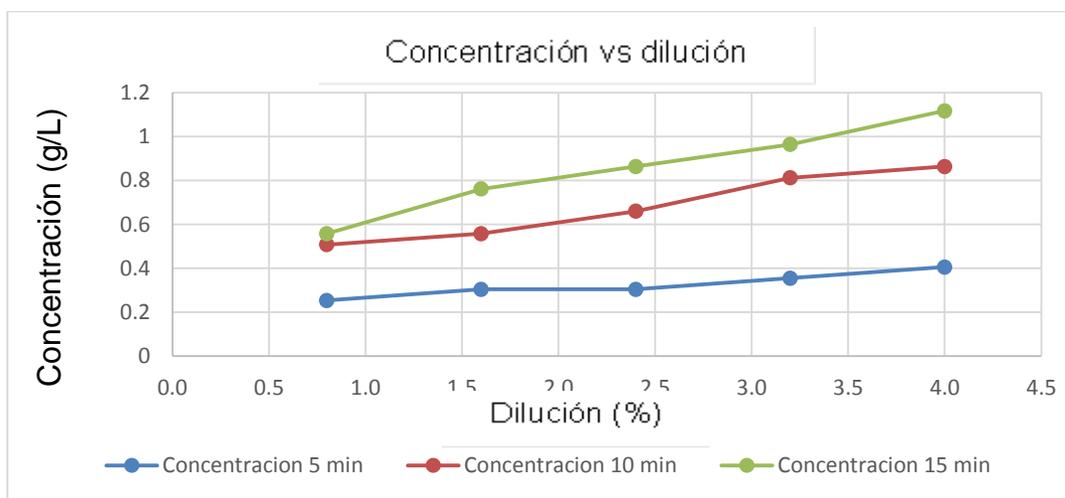
Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar con HCl al 31,45 % con NH<sub>3</sub> al 10,00 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,406	0,863	1,117
3,2	0,355	0,812	0,964
2,4	0,304	0,660	0,863
1,6	0,304	0,558	0,761
0,8	0,254	0,508	0,558

Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 31,45 % con NH<sub>3</sub> al 10,00 %**



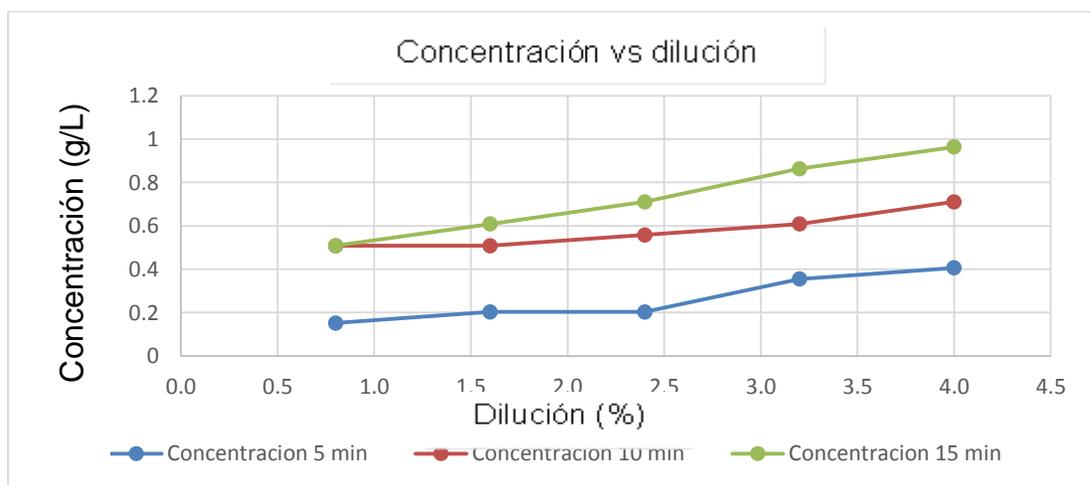
Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar con HCl al 31,45 % con NH<sub>3</sub> al 6,25 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,406	0,711	0,964
3,2	0,355	0,609	0,863
2,4	0,203	0,558	0,711
1,6	0,203	0,508	0,609
0,8	0,152	0,508	0,508

Fuente: elaboración propia.

Figura 18. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 31,45 % con NH<sub>3</sub> al 6,25 %**



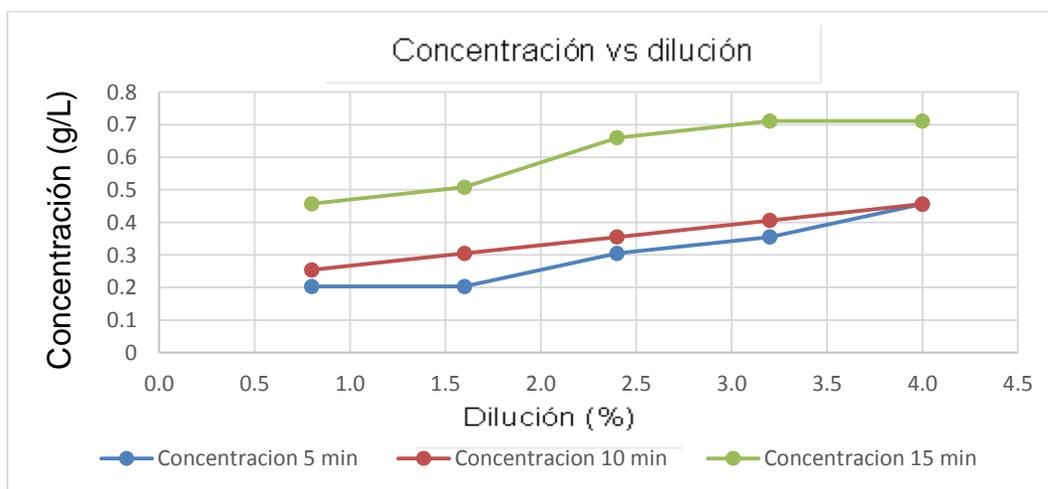
Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar con HCl al 25,90 % con NH<sub>3</sub> al 25,00 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,456	0,456	0,711
3,2	0,355	0,406	0,711
2,4	0,305	0,355	0,660
1,6	0,203	0,305	0,508
0,8	0,203	0,254	0,457

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 25,90 % con NH<sub>3</sub> al 25,00 %**



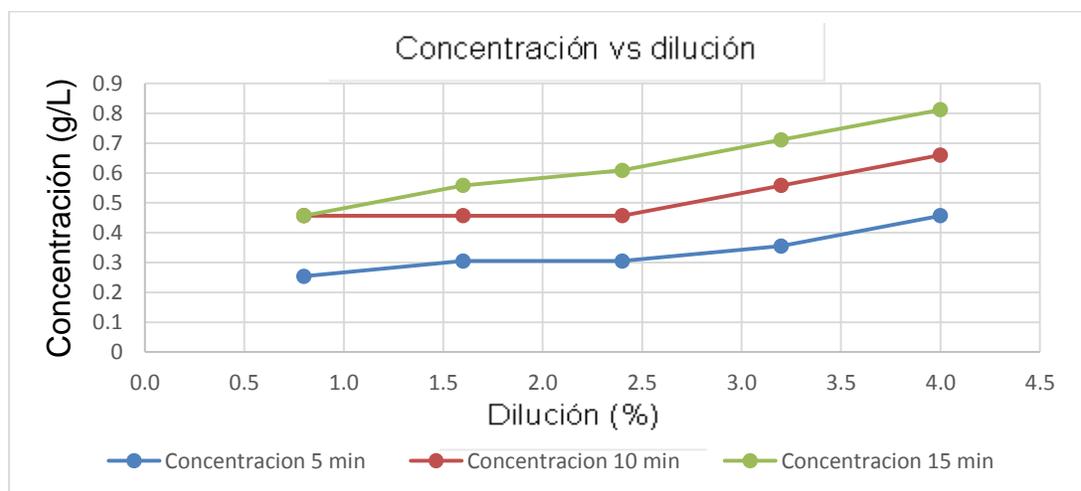
Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar con HCl al 25,90 % con NH<sub>3</sub> al 21,25 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,457	0,660	0,812
3,2	0,355	0,558	0,711
2,4	0,305	0,457	0,609
1,6	0,305	0,457	0,558
0,8	0,305	0,457	0,407

Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 25,90 % con NH<sub>3</sub> al 21,25 %**



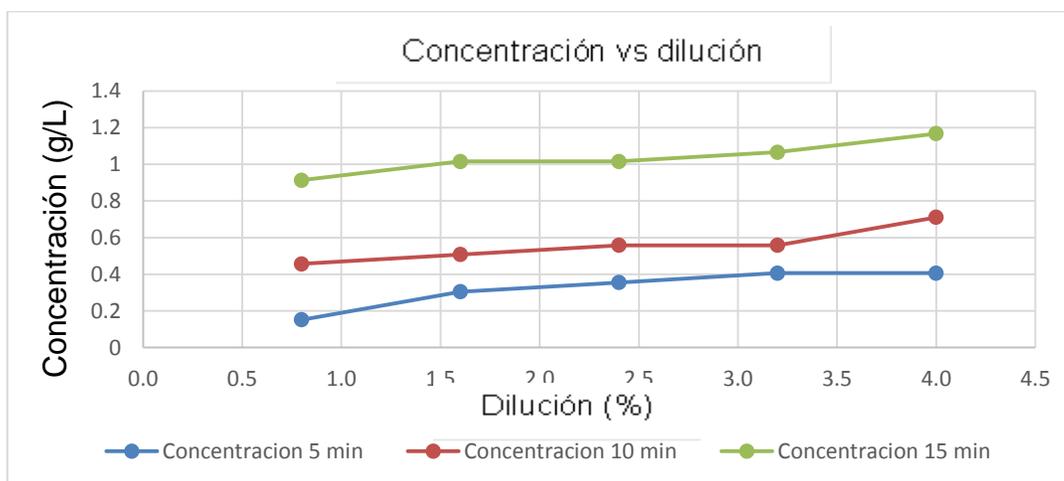
Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotetría, al reaccionar con HCl al 25,90 % con NH<sub>3</sub> al 17,50 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,406	0,711	1,167
3,2	0,406	0,558	1,066
2,4	0,355	0,558	1,015
1,6	0,305	0,508	1,015
0,8	0,152	0,457	0,913

Fuente: elaboración propia.

Figura 21. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotetría, al reaccionar HCl al 25,90 % con NH<sub>3</sub> al 17,50 %**



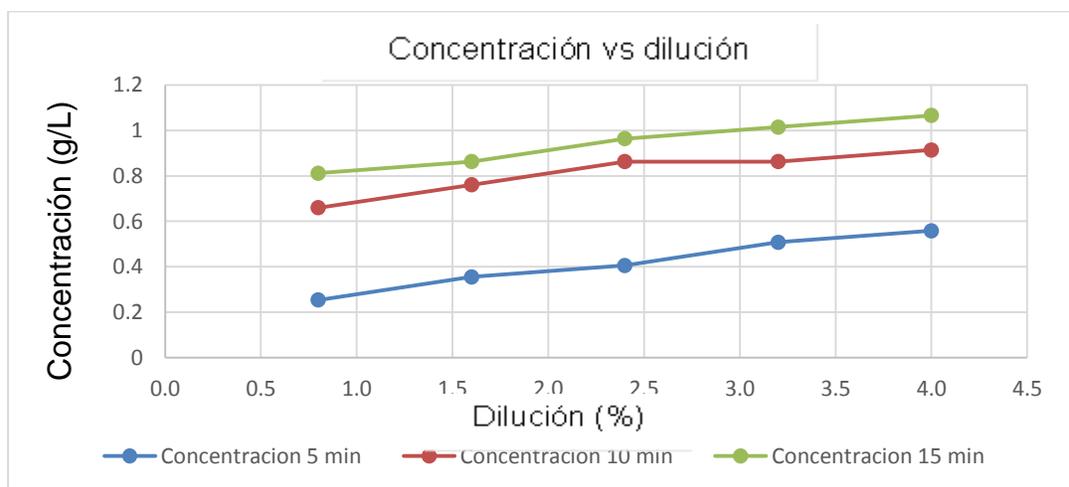
Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 25,90 % con NH<sub>3</sub> al 13,75 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,406	0,711	1,167
3,2	0,406	0,558	1,066
2,4	0,355	0,558	1,015
1,6	0,305	0,508	1,015
0,8	0,152	0,457	0,913

Fuente: elaboración propia.

Figura 22. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 25,90 % con NH<sub>3</sub> al 13,75 %**



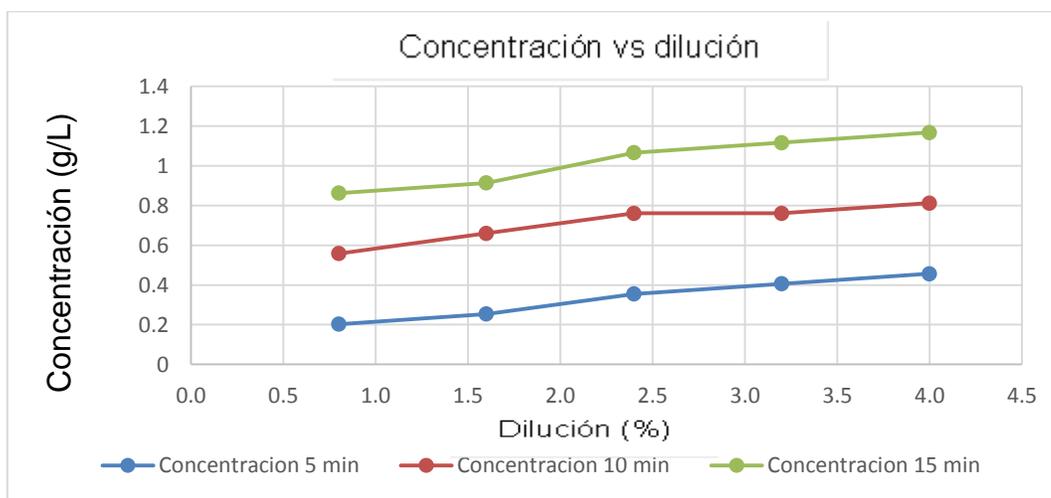
Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar con HCl al 25,90 % con NH<sub>3</sub> al 10,00 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,558	0,914	1,066
3,2	0,508	0,863	1,015
2,4	0,406	0,863	0,964
1,6	0,355	0,761	0,863
0,8	0,254	0,660	0,812

Fuente: elaboración propia.

Figura 23. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 25,90 % con NH<sub>3</sub> al 10,00 %**



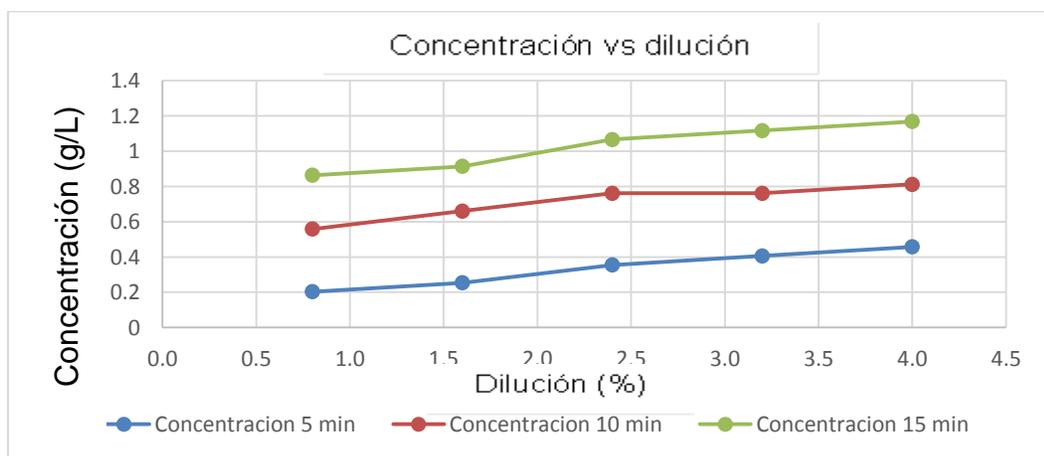
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar con HCl al 25,90 % con NH<sub>3</sub> al 6,25 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,457	0,812	1,168
3,2	0,406	0,761	1,117
2,4	0,355	0,761	1,066
1,6	0,254	0,660	0,914
0,8	0,203	0,558	0,863

Fuente: elaboración propia.

Figura 24. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 25,90 % con NH<sub>3</sub> al 6,25 %**



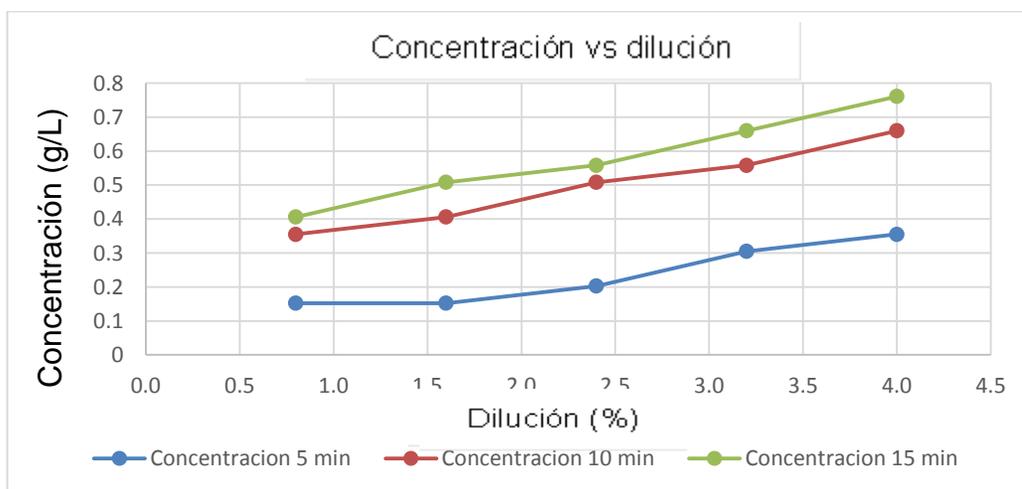
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 20,35 % con NH<sub>3</sub> al 25,00 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,355	0,660	0,761
3,2	0,305	0,558	0,660
2,4	0,203	0,508	0,558
1,6	0,152	0,406	0,508
0,8	0,152	0,355	0,406

Fuente: elaboración propia.

Figura 25. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 20,35 % con NH<sub>3</sub> al 25,00 %**



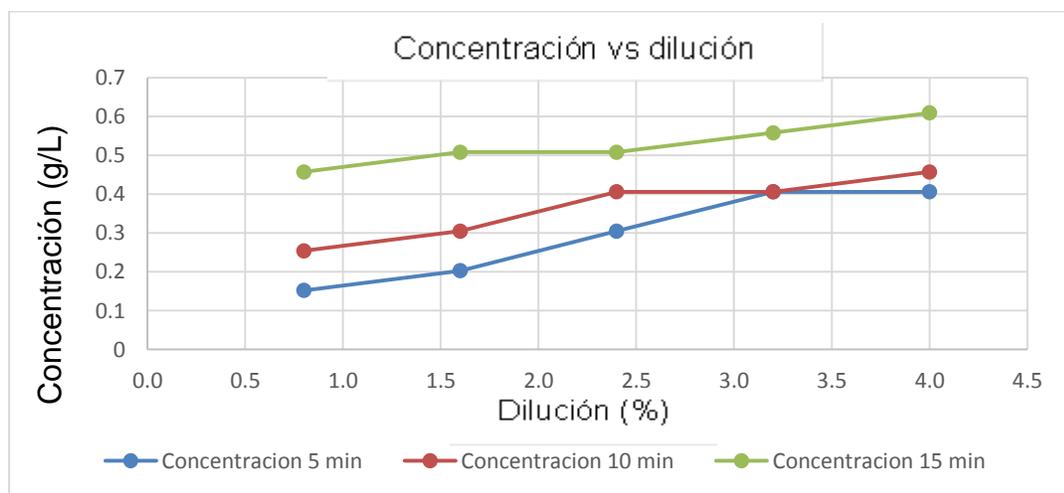
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotetría, al reaccionar con HCl al 20,35 % con NH<sub>3</sub> al 21,25 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,406	0,457	0,609
3,2	0,406	0,406	0,508
2,4	0,305	0,406	0,508
1,6	0,203	0,305	0,508
0,8	0,152	0,254	0,457

Fuente: elaboración propia.

Figura 26. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotetría, al reaccionar HCl al 20,35 % con NH<sub>3</sub> al 21,25 %**



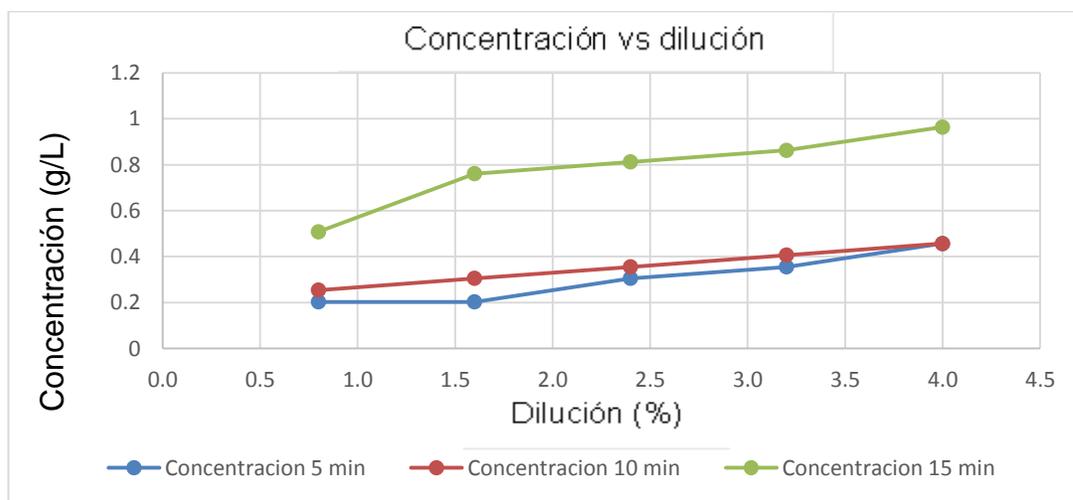
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotetría, al reaccionar con HCl al 20,35 % con NH<sub>3</sub> al 17,50 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,457	0,457	0,964
3,2	0,355	0,406	0,863
2,4	0,305	0,355	0,812
1,6	0,203	0,305	0,761
0,8	0,203	0,254	0,508

Fuente: elaboración propia.

Figura 27. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotetría, al reaccionar HCl al 20,35 % con NH<sub>3</sub> al 17,50 %**



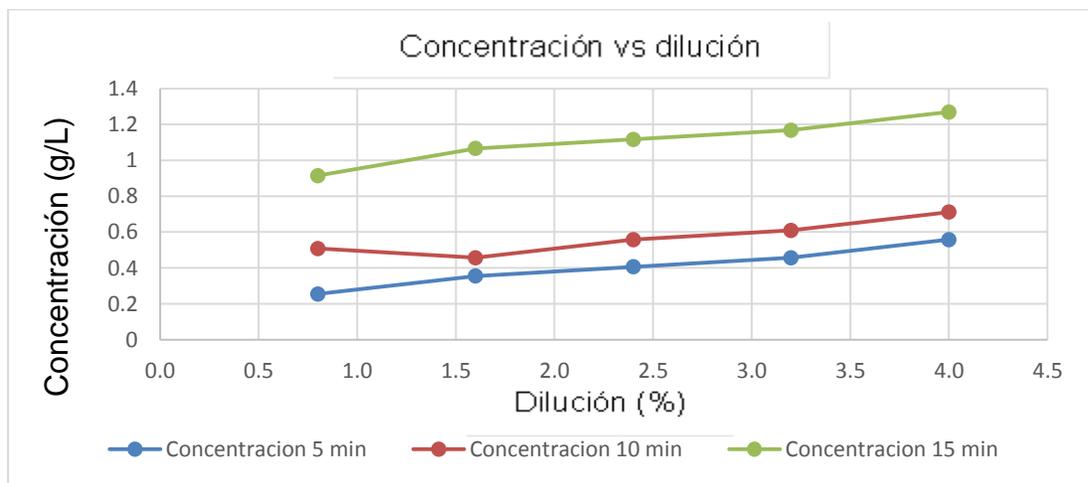
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotetría, al reaccionar con HCl al 20,35 % con NH<sub>3</sub> al 13,75 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,558	0,711	1,269
3,2	0,457	0,609	1,168
2,4	0,406	0,558	1,117
1,6	0,355	0,457	1,066
0,8	0,254	0,508	0,914

Fuente: elaboración propia.

Figura 28. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotetría, al reaccionar HCl al 20,35 % con NH<sub>3</sub> al 13,75 %**



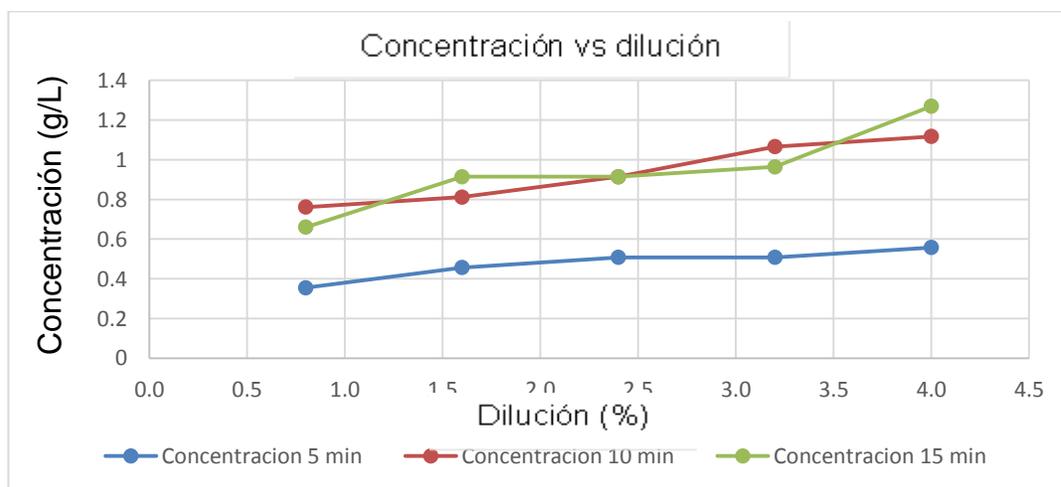
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar con HCl al 20,35 % con NH<sub>3</sub> al 10,00 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,558	1,117	1,269
3,2	0,508	1,066	0,964
2,4	0,508	0,914	0,914
1,6	0,457	0,812	0,914
0,8	0,355	0,761	0,660

Fuente: elaboración propia.

Figura 29. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 20,35 % con NH<sub>3</sub> al 10,00 %**



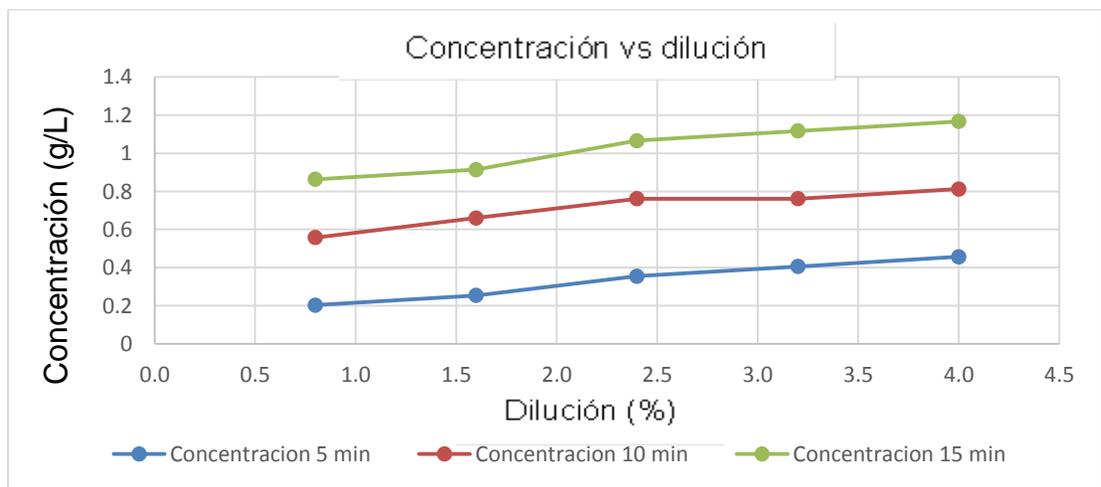
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotetría, al reaccionar con HCl al 20,35 % con NH<sub>3</sub> al 6,25%**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,457	0,812	1,167
3,2	0,406	0,761	1,117
2,4	0,355	0,761	1,066
1,6	0,254	0,660	0,914
0,8	0,203	0,558	0,863

Fuente: elaboración propia.

Figura 30. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotetría, al reaccionar HCl al 20,35 % con NH<sub>3</sub> al 6,25%**



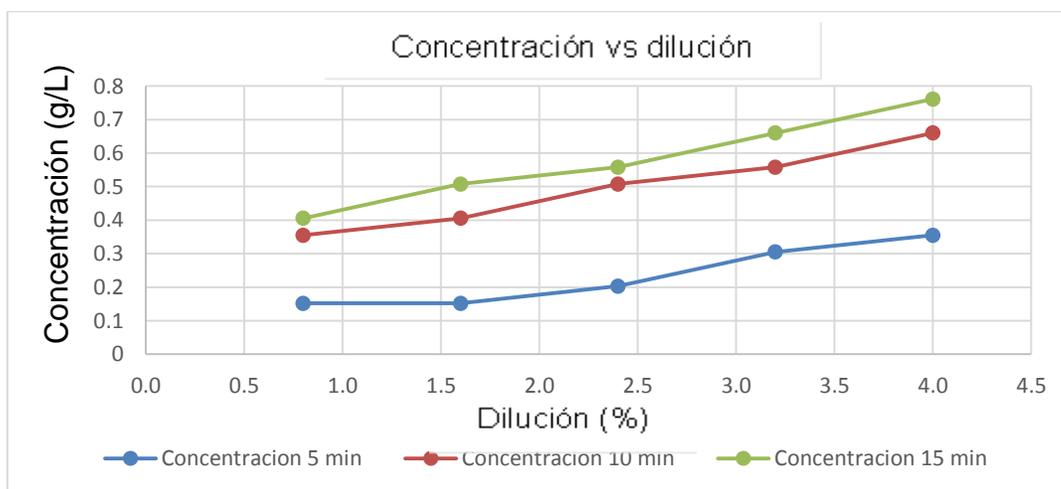
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar con HCl al 14,80 % con NH<sub>3</sub> al 25,00 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4.0	0.355	0.660	0.761
3.2	0.305	0.558	0.660
2.4	0.203	0.508	0.558
1.6	0.152	0.406	0.508
0.8	0.152	0.355	0.406

Fuente: elaboración propia.

Figura 31. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 14,80 % con NH<sub>3</sub> al 25,00 %**



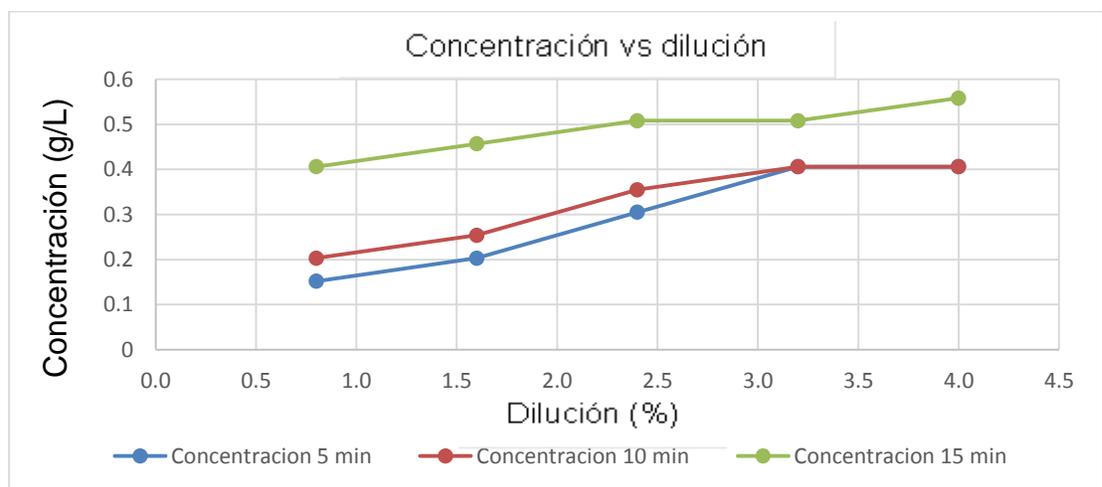
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar con HCl al 14,80 % con NH<sub>3</sub> al 21,25 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,406	0,406	0,558
3,2	0,406	0,406	0,508
2,4	0,305	0,355	0,457
1,6	0,203	0,305	0,406
0,8	0,152	0,203	0,406

Fuente: elaboración propia.

Figura 32. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 14,80 % con NH<sub>3</sub> al 21,25 %**



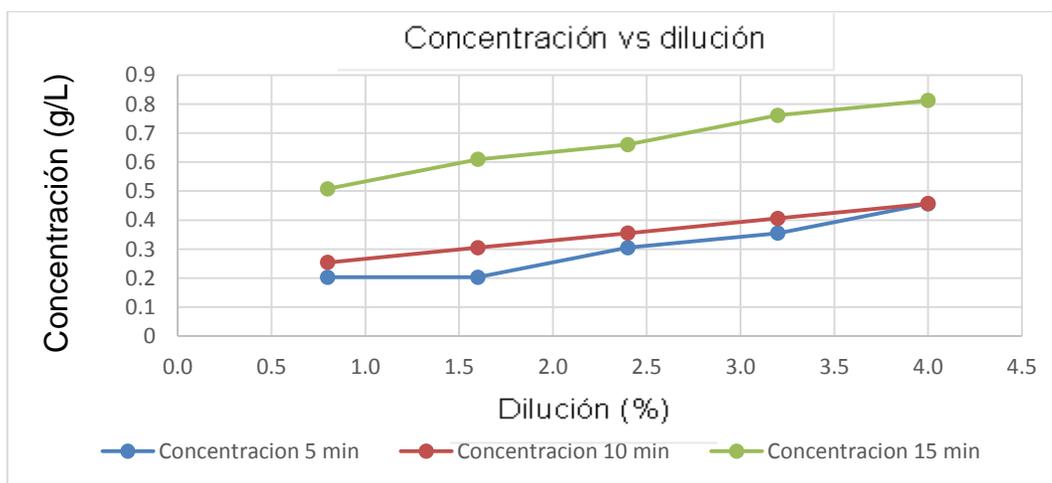
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar con HCl al 14,80 % con NH<sub>3</sub> al 17,50 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,406	0,457	0,812
3,2	0,355	0,406	0,761
2,4	0,305	0,355	0,660
1,6	0,203	0,305	0,609
0,8	0,203	0,254	0,508

Fuente: elaboración propia.

Figura 33. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 14,80 % con NH<sub>3</sub> al 17,50 %**



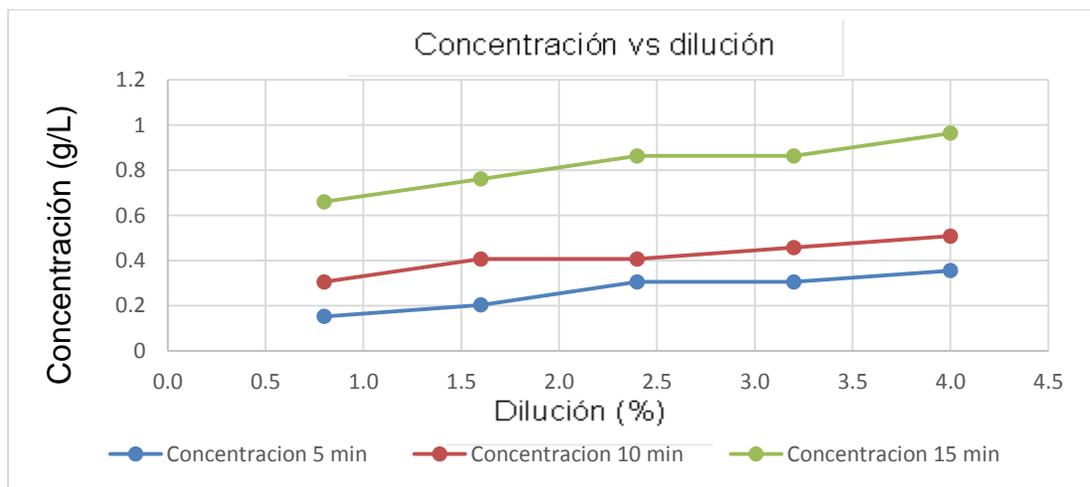
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar con HCl al 14,80 % con NH<sub>3</sub> al 13,75 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,355	0,508	0,964
3,2	0,305	0,457	0,863
2,4	0,305	0,406	0,863
1,6	0,203	0,406	0,761
0,8	0,152	0,305	0,660

Fuente: elaboración propia.

Figura 34. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 14,80 % con NH<sub>3</sub> al 13,75 %**



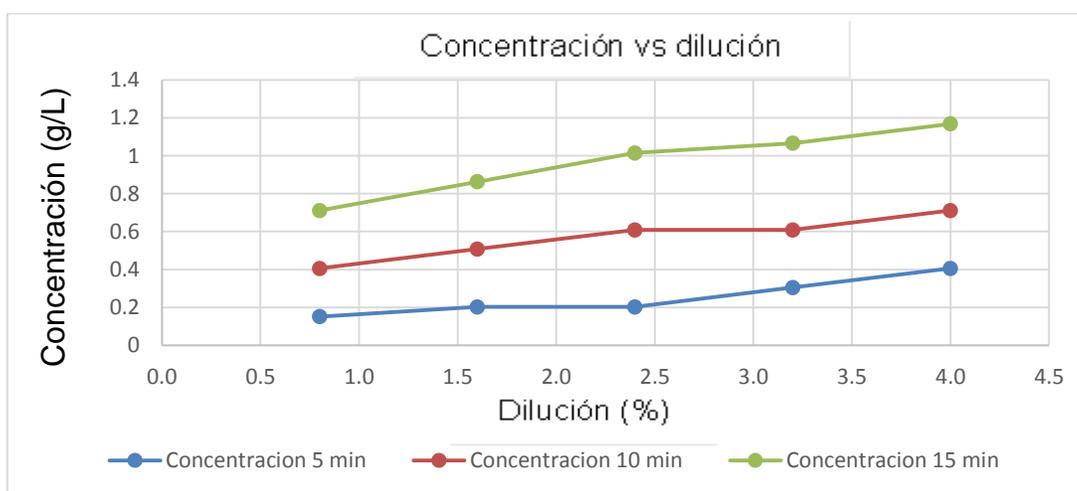
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar con HCl al 14,80 % con NH<sub>3</sub> al 10,00 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,406	0,711	1,168
3,2	0,305	0,609	1,066
2,4	0,203	0,609	1,015
1,6	0,203	0,508	0,863
0,8	0,152	0,406	0,711

Fuente: elaboración propia.

Figura 35. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 14,80 % con NH<sub>3</sub> al 10,00 %**



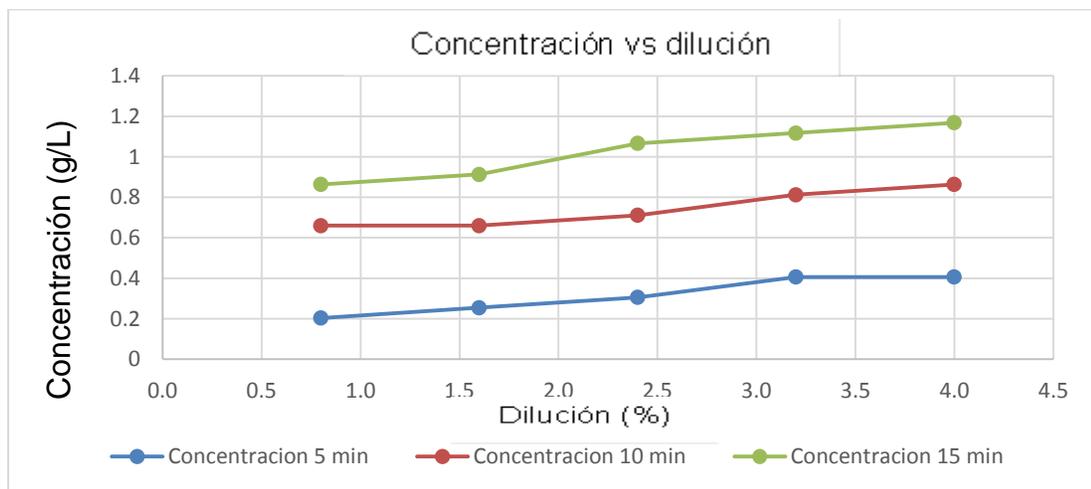
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotetría, al reaccionar con HCl al 14,80 % con NH<sub>3</sub> al 6,25 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,406	0,863	1,168
3,2	0,406	0,812	1,117
2,4	0,305	0,711	1,066
1,6	0,254	0,660	0,913
0,8	0,203	0,660	0,863

Fuente: elaboración propia.

Figura 36. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotetría, al reaccionar HCl al 14,80 % con NH<sub>3</sub> al 6,25 %**



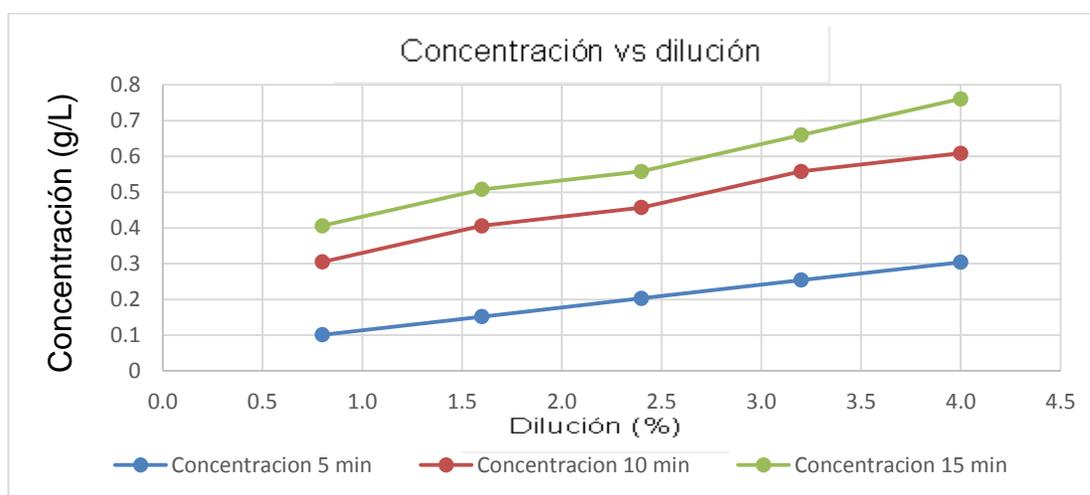
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotetría, al reaccionar con HCl al 9,25 % con NH<sub>3</sub> al 25,00 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,304	0,609	0,761
3,2	0,254	0,558	0,660
2,4	0,203	0,457	0,558
1,6	0,152	0,406	0,508
0,8	0,101	0,305	0,406

Fuente: elaboración propia.

Figura 37. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotetría, al reaccionar HCl al 9,25 % con NH<sub>3</sub> al 25,00 %**



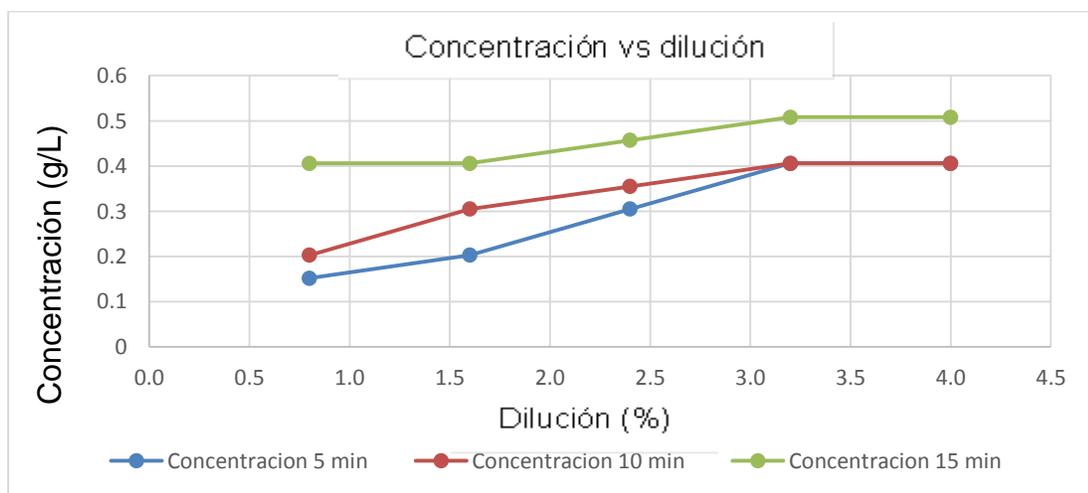
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 9,25 % con NH<sub>3</sub> al 21,25 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,406	0,406	0,508
3,2	0,406	0,406	0,508
2,4	0,305	0,355	0,457
1,6	0,203	0,305	0,406
0,8	0,152	0,203	0,406

Fuente: elaboración propia.

Figura 38. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 9,25 % con NH<sub>3</sub> al 21,25 %**



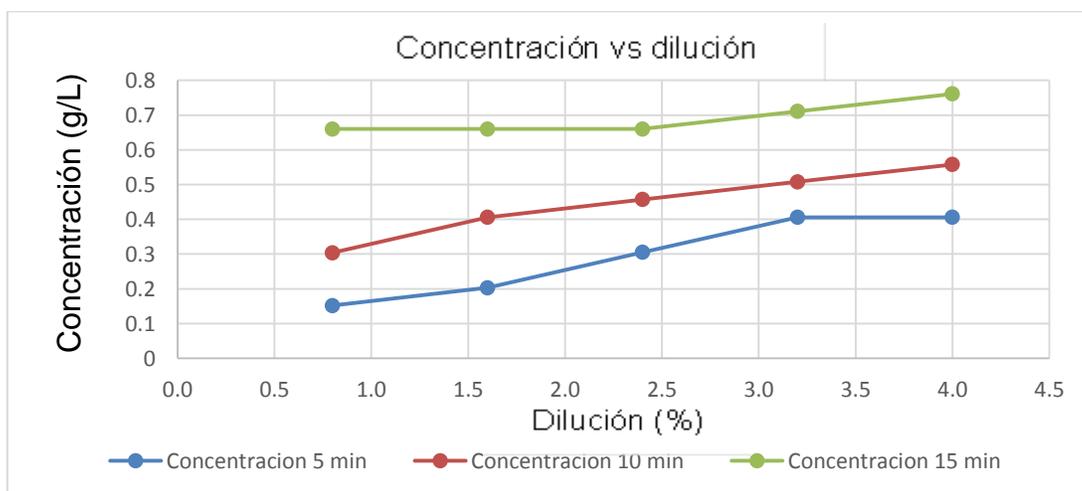
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVI. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 9,25 % con NH<sub>3</sub> al 17,50 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,406	0,558	0,761
3,2	0,406	0,508	0,711
2,4	0,305	0,457	0,660
1,6	0,203	0,406	0,660
0,8	0,152	0,304	0,660

Fuente: elaboración propia.

Figura 39. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 9,25 % con NH<sub>3</sub> al 17,50 %**



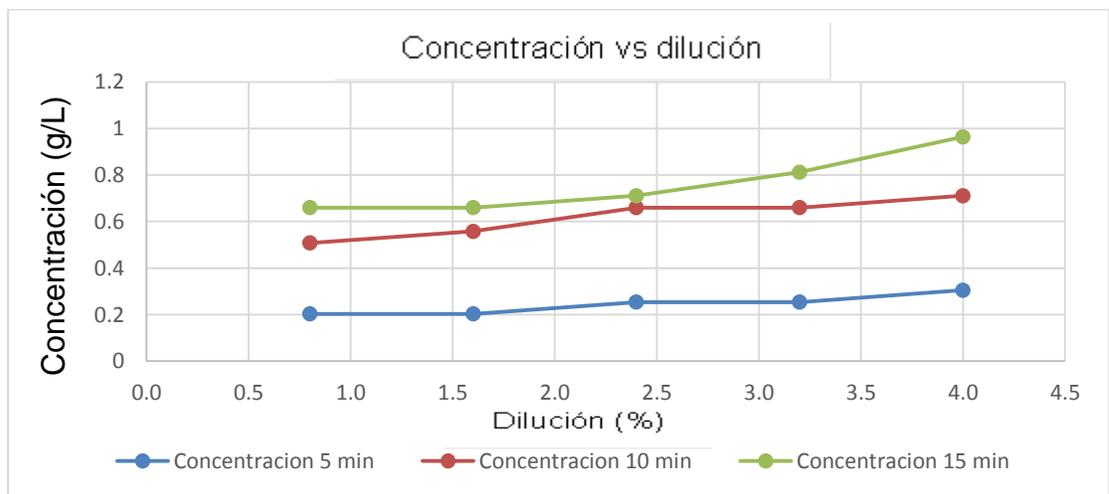
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVII. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotetría, al reaccionar con HCl al 9,25 % con NH<sub>3</sub> al 13,75 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,305	0,711	0,964
3,2	0,254	0,660	0,812
2,4	0,254	0,660	0,711
1,6	0,203	0,558	0,660
0,8	0,203	0,508	0,660

Fuente: elaboración propia.

Figura 40. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotetría, al reaccionar HCl al 9,25 % con NH<sub>3</sub> al 13,75 %**



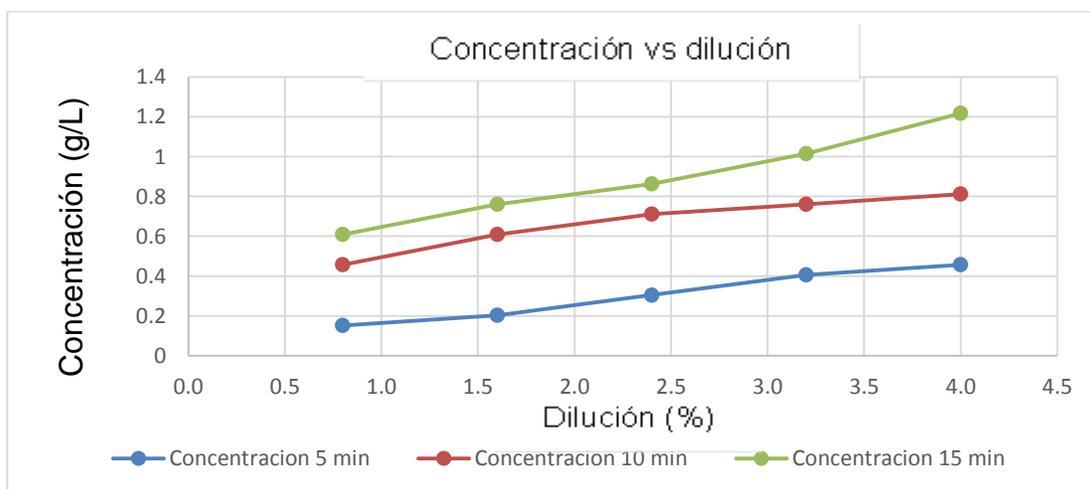
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al hacer reaccionar con HCl al 9,25 % con NH<sub>3</sub> al 10,00 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,457	0,812	1,218
3,2	0,406	0,761	1,015
2,4	0,305	0,711	0,863
1,6	0,203	0,609	0,761
0,8	0,152	0,457	0,609

Fuente: elaboración propia.

Figura 41. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 9,25 % con NH<sub>3</sub> al 10,00 %**



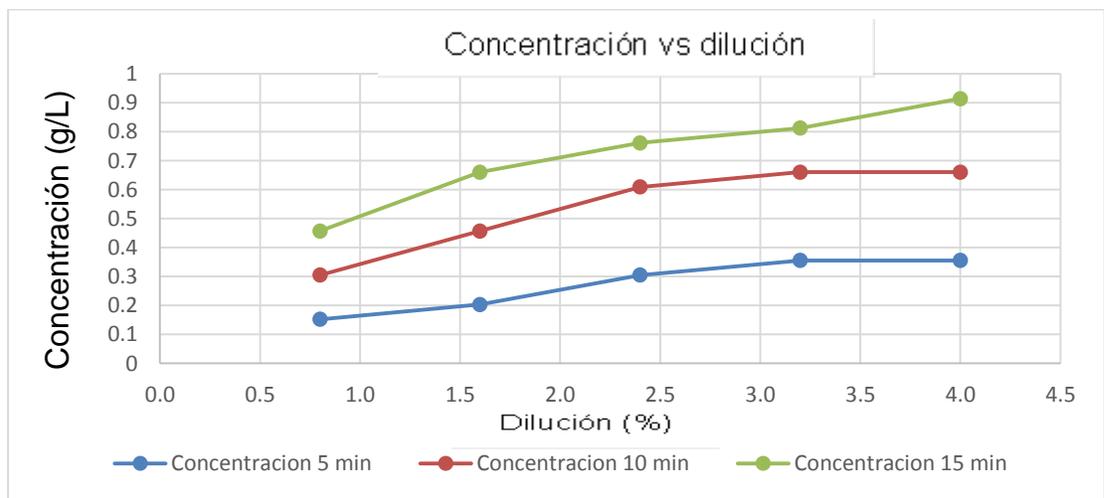
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIX. **Concentraciones promedio obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar con HCl al 9,25 % con NH<sub>3</sub> al 6,25 %**

Porcentaje dilución de la muestra	Concentración g/L en t = 5 min	Concentración g/L en t = 10min	Concentración g/L en t = 15min
4,0	0,355	0,660	0,914
3,2	0,355	0,660	0,812
2,4	0,305	0,609	0,761
1,6	0,203	0,457	0,660
0,8	0,152	0,305	0,457

Fuente: elaboración propia.

Figura 42. **Concentraciones obtenidas de glicina registradas por espectrofotometría, al reaccionar HCl al 9,25 % con NH<sub>3</sub> al 6,25 %**



Fuente: elaboración propia.

Después de observar las series de datos expuestos de las concentraciones obtenidas de producto, se determina que estas son ideales. Se pueden obtener la mayor cantidad de formación de glicina a través de la síntesis, serán:

- La mezcla realizada de harina de soya que se hidroliza con ácido clorhídrico al 37,00 % y que se hace reaccionar con un 10,00 % de amonio, en un tiempo de reacción equivalente a 15 minutos.
- La mezcla realizada de harina de soya que se hidroliza con ácido clorhídrico al 20,35 % y que se hace reaccionar con un 17,50 % de amonio, en un tiempo de reacción equivalente a 15 minutos.
- La mezcla realizada de harina de soya que se hidroliza con ácido clorhídrico al 20,35 % y que se hace reaccionar con un 13,75 % de amonio, en un tiempo de reacción equivalente a 15 minutos.

Cabe mencionar que todas las muestras evaluadas, según las tablas mostradas, fueron diluidas desde 0,8 % hasta 4,0 % como máximo. Esto debido a la limitante de concentración máxima de lectura registrada. Entonces arriba de 4,0 % de dilución de la muestra la lectura se imposibilita en el espectrofotómetro. Por ello no muestra la curva de absorción de la lectura realizada, mostrándose fuera de rango sin ningún valor máximo.

En cuanto a las diluciones más pequeñas se determinó realizar cinco variaciones en rangos iguales, y en triplicado. Por lo tanto, la variación debe ser de -0,8 % desde el 4,0 % para obtener los valores de lectura de espectro, con los cuales se debió calcular la concentración presente en la misma.

La identificación final del producto se llevó a cabo también evaluando por separado datos físicos y químicos del producto obtenido, como resultado de la síntesis. Esto también de una muestra de referencia de producto comercializado en el mercado, para ello se fijaron condiciones estables de análisis dentro de las instalaciones del laboratorio de fisicoquímica, tales son:

- Temperatura constante de las instalaciones del laboratorio al momento de realizar los análisis cualitativos y cuantitativos de ambos productos.
- Evaluación de valores teóricos de propiedades fisicoquímicas, según datos consultados bibliográficamente.
- Análisis cualitativo de color y apariencia en solubilidad del producto de referencia, contra producto sintetizado, ya que en su mayoría por el medio de síntesis el producto se mantuvo en fase homogénea de disolución.

En la siguiente tabla se expone los resultados cualitativos y cuantitativos evaluados del producto final obtenido en comparación con la muestra referida.

Tabla XL. **Propiedades fisicoquímicas de producto obtenido y producto comparado**

Propiedades Fisicoquímicas	Producto de referencia	Producto obtenido
T fusión (°C)	228,0	221,7
Solubilidad 211 g/l	100%	100%
Color	Café oscuro	Café oscuro
Olor	característico	característico
pH al 1 %	4,8	3,86
pH al 21 %	2,5	2,03
Apariencia	polvo granulado soluble	granos solubles

Fuente: elaboración propia.

- Para temperatura hay una variación de -2,76 %
- Para solubilidad un 0,00 %
- Para pH al 1%, -19,58 %
- Para pH al 21%, -18,80 %

Las propiedades cualitativas son muy similares.

## 4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo a la lista de objetivos trazados, en esta sección se dan detalles importantes de cada uno. Esto tanto en cumplimiento, como el origen de la causa de los mismos y los factores por medio de los cuales se hace la evaluación de la reacción de síntesis de la glicina. Como primera parte se explica, acerca de la cinética que tiene la reacción en cuanto a diversos valores calculados. Estos permiten un análisis minucioso del fenómeno, y entender los factores que la afectan.

Uno de los factores a analizar es importante en cuanto al efecto de la concentración. Esto como parte de la determinación de las condiciones ideales de proceso para obtener un mayor rendimiento, en cuanto al producto final. Del cual se desprende el objeto de estudio del fenómeno. En cada parte se tuvo el control de realizar concentraciones definidas para observar el comportamiento de la reacción. Es fundamental resaltar que para ello y de acuerdo a la disponibilidad en cuanto a cómo influye sobre la mecánica; se determinó realizar variaciones de concentraciones en rangos definidos de mayor a menor de ácido clorhídrico y amoniaco.

La cantidad de harina de soya se mantuvo constante a modo de encontrar la cantidad de reactivo es necesaria para obtener una cantidad determinada de producto final. De acuerdo a la estequiometría que el mismo sistema de reacción hizo resaltar las condiciones óptimas de producción. Llegando al equilibrio la cantidad de clorometil acetato para reaccionar con amoniaco.

Interpretado de la manera que como agente libre de la reacción y que físicamente se percibe como un gas al momento de mezclar, hidroliza una parte del hidrógeno dejándolo en forma molecular estable. Por ello degrada cada vez más la estructura molecular de la cantidad de proteínas que se encuentran contenidas dentro de la variedad estructural de la misma. Posteriormente se observa en la secuencia de reacción, la compensación de la síntesis al involucrar el amoníaco, el cual sustituye la estructura halogenada que forma finalmente la forma estable de la disminución de tamaño molecular.

Según resultados obtenidos se puede observar que a mayor cantidad de proteínas hidrolizadas por el ataque de ácido clorhídrico, debe haber una cantidad considerable de amoníaco. Es por ello que las concentraciones más altas de amoníaco lógicamente permite una adhesión más fácil a la molécula. Esto para formar el producto final.

La mecánica descrita para este proceso final de síntesis indica que finalmente se regenera la cantidad de ácido clorhídrico añadido, por lo que dicho producto actúa únicamente como un medio de catálisis homogénea para llevar a cabo la formación final de Glicina. A este tipo de reacciones, corresponde teóricamente un orden global de síntesis 2, mismo que puede ser observado según los órdenes calculados para la suma de los órdenes de reacción de clorometil acetato y amoníaco.

Esto implica que tanto el orden de reacción de ácido clorhídrico, del que no se calcularon velocidades y orden de reacción, logran la mayor cantidad de subproducto hidrolizado. Por ello se dejó llegar el producto intermedio hasta el equilibrio. No se puede afirmar a su vez que el ácido clorhídrico no tenga un orden de reacción dentro del sistema, pero tal como lo limita el tema de

investigación, únicamente se basa el estudio de las mismas en la síntesis y no del sistema global de dos reacciones.

Quedando así fuera del campo de determinación de orden para futuras investigaciones para establecer el orden que tiene el ácido clorhídrico. Esto para hidrolizar las moléculas de proteína de soya, las cuales también por la gran variedad de estructuras isoméricas que posee, no se puede determinar específicamente a cuál de ellas va ligado en mayor o menor parte el ataque, formando el producto intermedio.

De la misma forma se desconoce el mecanismo de reacción de ataque de hidrólisis. Otro factor por el que no es considerada la primera reacción, dentro del estudio de la cinética es que no se conoce con certeza, la técnica de espectrofotometría, el rango de percepción del haz de luz. Este logra atravesar la celda para determinar con exactitud concentraciones determinadas a intervalos definidos, tales como se realizó durante el proceso de síntesis.

Entre otras de las causas por las cuales se determinó, como método de determinación la espectrofotometría se listan a continuación:

- Para identificación o para cuantificación de cierta cantidad de producto. Esto diluido en medio ácido es necesario realizar una cuantificación por medio de la titulación con una sustancia básica, siendo este método sumamente tedioso y la vez implica elevar el costo de determinación del producto final.
- Al titular con otra sustancia pueden ocurrir reacciones laterales que compitan con el rendimiento final del producto a determinar, en este caso la glicina. Por ello resulta ineficiente y con valores indeterminados de rendimiento.

- La utilización de hexano, como medio para lixiviar el subproducto de la primera reacción, es por la compatibilidad que existe. Esto para generar un mayor rendimiento de moléculas hidrolizadas reaccionando con amoniaco. Dicho procedimiento no implica una reacción química sino un proceso por el cual se retira todo lo que no está involucrado en la segunda parte de la reacción. Este mismo es retirado de manera física tanto por filtrado (en el caso de partículas sólidas en suspensión). Posteriormente también retirado por evaporación dejar únicamente como producto final para la segunda etapa el intermediario clorometil acetato, que es de vital interés para llevar a cabo la síntesis final con amoniaco.
- Debido a que no se encontró como un método de cuantificación la titulación para evaluar el rendimiento final. Por ello se desconocen precisamente las condiciones bajo las cuales debiera llevarse a cabo la cuantificación. Así como también reactivos incluido colorante que determine la presencia del producto final formado. Si bien puede investigarse a profundidad cuáles debieran ser las condiciones ideales para realizar la titulación con mayor rendimiento. Esto no es el objeto principal de la investigación por lo que se buscó el método más certero y con datos predeterminados bibliográficamente. Esto fue con el rango de absorción del espectro de la glicina bajo condiciones de dilución alta para estudio por medio de la técnica espectrofotométrica.

Es por estas causas, entonces que se ve de manera efectiva la cuantificación de producto formado, a través de la reacción tanto intermedia como la de síntesis de glicina.

En cuanto a la identificación de producto, los criterios evaluados en la tabla se hicieron con base en los datos obtenidos. Se mencionan datos fisicoquímicos de la glicina como producto y que utilizando técnicas de laboratorio. Estas fueron determinadas en la práctica valores y apreciaciones muy similares, los valores de disolución de ácido (pH) tuvieron una alta variación, debido a que por la naturaleza de la harina de soya se formaron compuestos secundarios. En cuanto a la comparativa realizada del producto de referencia como también del producto obtenido.

En cuanto a esta misma tabla en color y olor, se realizó la dilución del producto seco de referencia y se comparó con el producto diluido en ácido clorhídrico, para evaluar de la misma forma también solubilidad. Las condiciones bajo las cuales se realizaron los análisis cualitativos y cuantitativos fueron las condiciones normales de laboratorio. No hubo ningún cambio en la presión del sistema en reacción ni temperatura, se trabajó a temperatura ambiente aproximadamente en un rango entre (23 – 25) °C. Con respecto a la variación por encima del 5 % de las disoluciones para medir (pH), se atribuye a la formación de productos secundarios formados, ya que por la naturaleza de la harina de soya puede formar productos no deseados que influyen en este parámetro.

Para retirar el hexano de la fase intermedia se hizo uso de un equipo de destilación, retirando así de la mezcla ácido clorhídrico + harina de soya + hexano. Este es el solvente utilizado para optimizar el proceso de producción de moléculas intermedias con las cuales reaccionaría el amoniaco. Debido a que el punto de ebullición del hexano (68 °C) es mucho más bajo que el de los compuestos involucrados, se afirma que lo retirado de la mezcla es solamente hexano.

Para efectos de futuros temas de investigación se puede evaluar el rendimiento de producto final, utilizando y no utilizando el hexano en el sistema. Esto para determinar la forma como optimiza el rendimiento de producto final, o bien de la misma manera el mismo sistema pudiese evaluarse con otro solvente de las mismas características. Esto con las cuales puede llevarse a cabo un mayor rendimiento a través de los sistemas de lixiviación evaluados.

Entre otro de los aspectos a considerar es las diluciones realizadas, tanto en la hidrólisis como el sistema de síntesis final para obtener la glicina. Tal como se describió anteriormente una de las causas por las que se hizo a una dilución tan baja (un máximo de 4,0 %) es por las condiciones de operación del espectrofotómetro. Esto se realizó por la operación del equipo, ya que el mismo no realiza mediciones de espectros a concentraciones muy altas.

Estas pueden variar de acuerdo a la cantidad de sólidos suspendidos o contenidos en las muestras. Se determinó bajo este mismo parámetro evaluado y determinado como hallazgo las condiciones de rango de operación para el espectrofotómetro, desde los 150 hasta 400 nm. Dicho trabajo realizado con la muestra de referencia permitió establecer la curva de calibración con la cual fue el origen de partida para realizar todos los cálculos necesarios para determinar cuantitativamente los objetivos trazados.

Debido a que siempre hay sólidos suspendidos en las muestras, son preparadas en dilución que contenían, ya sea el medio de reacción (harina de soya con ácido clorhídrico), como la muestra de referencia, esto debió ser filtrado para remover dichas partículas en suspensión que impiden una lectura adecuada y exacta.

A lo cual se determinó, y según tendencia mostrada, que hubo una mayor cantidad de moléculas hidrolizadas disponibles a mayor concentración de ácido clorhídrico y que van decayendo, en cantidad conforme se usa. Por consiguiente se generaliza que existe una proporcionalidad directa entre la concentración de ácido clorhídrico con respecto a la dilución realizada para lectura en el espectrofotómetro.

Asimismo, la tendencia del uso de amoníaco manifiesta una alta cantidad de glicina formada con respecto a la proporción diluida. Esta es agregada al medio para llevar a cabo la reacción, y es determinada durante un período de evaluación establecido, por cada muestra durante 15 min, a intervalos iguales de 5 minutos desde el momento en que se añade el amoníaco al medio para reaccionar.

De la misma forma según las concentraciones obtenidas se puede observar que la proporción es directa entre la concentración de amónico y el producto final obtenido; a partir de la reacción intermedia del cual se realizó también un lixiviado de la muestra. En posteriores estudios se puede obtener datos concretos tanto del catalizador como el proceso de lixiviado según el solvente. Esto para evaluar el efecto sobre el rendimiento final de glicina, así como si con solventes alternativos puede evaluarse también el rendimiento.

Las incertezas obtenidas, muestran que según la variabilidad, en cuanto a las mediciones que se puede tener, en los errores de medición y llevan a un error de propagación global al utilizar ambos instrumentos.

Este es el de mayor aporte a la existencia del mismo el uso de la balanza de capacidad 250 g, el cual tiene un valor de aporte del +/- 0,1. Esto equivale a un 0,05 % del peso total añadido implícito en cada medición. Mientras que en el

caso de la pipeta utilizada, con una capacidad de 5 ml con la que se hicieron las mediciones, es de  $\pm 0,02$ , que es un 0,4 % de valor erróneo en cuanto a la medición realizada.

Cuantificando estos valores, por medio del método de análisis de varianza, que como resultado dan el error de cada instrumento. También el error global o de propagación; el cual numéricamente da un valor del 83 % de error de propagación para la balanza y 17 % de error de propagación para la pipeta de 5 ml.

Todo ello se aplicó a los valores de la variable que se modificó en las mediciones realizadas. Estos son valores de concentración porcentual en dilución de ácido clorhídrico y amoníaco, así como también la cantidad de harina de soya medida para cada medio de reacción. Estos valores son de concentración en un equivalente de g/litro de disolución. Esta última representando la concentración expresada y que fue leída en el espectrofotómetro.

Tomando en cuenta que la norma de laboratorio de fisicoquímica es de máximo un 5 % de error permisible, en cuanto a mediciones realizadas. Representa estas variaciones un 0,05 % de incerteza generado por la balanza y un 0,4 % de incerteza generado por la pipeta de 5 ml. Quedando así dentro del rango permisible, por lo cual se consideran confiables y precisos los resultados obtenidos.

## CONCLUSIONES

1. Se determinó, como concentraciones ideales de ácido clorhídrico y amoníaco, a nivel de laboratorio. Esto según la metodología utilizada, tres máximos donde se optimiza el rendimiento de la reacción, concordando todos, al nivel máximo, utilizado de ácido clorhídrico para hidrolizar las moléculas de proteína de la harina de soya.
  - La mezcla realizada de harina de soya que se hidroliza con ácido clorhídrico al 37,00 % y que se hace reaccionar con un 10,00 % de amoníaco, en un tiempo de reacción equivalente a 15 minutos.
  - La mezcla realizada de harina de soya que se hidroliza con ácido clorhídrico al 20,35 % y que se hace reaccionar con un 17,50 % de amoníaco, en un tiempo de reacción equivalente a 15 minutos.
  - La mezcla realizada de harina de soya que se hidroliza con ácido clorhídrico al 20,35 % y que se hace reaccionar con un 13,75 % de amoníaco, en un tiempo de reacción equivalente a 15 minutos.
2. Según las características fisicoquímicas evaluadas de la muestra de referencia comercial con el producto sintetizado, se determina que cumple similarmente para indicar que la síntesis se llevó a cabo bajo las condiciones que se trabajó a nivel de laboratorio.
3. El efecto de la dilución de ácido clorhídrico en el rendimiento de producción de la glicina se percibe como un efecto de máxima producción de moléculas hidrolizadas disponibles. Esto para reaccionar

posteriormente con amoniaco, siendo así directamente proporcional la cantidad de producto formado con respecto a la concentración de ácido clorhídrico y amoniaco. Esto al cabo de evaluar la síntesis final después de realizar lecturas desde 0 hasta 15 min en intervalos iguales.

4. Según análisis de varianza realizada a la concentración de producto sintetizado, el valor de la incerteza ocasionada por los instrumentos utilizados:
  - La balanza analítica, en cuanto al error de propagación total, corresponde a un 83,00 % de este, y representa un valor aceptable de 0,05 % en la medición.
  - La pipeta de 5 ml dan como incerteza un valor del 17,00 % del error de propagación total, y representa un valor aceptable en la medición de 0,40 %.

## RECOMENDACIONES

1. Evaluar el orden cinético del ácido clorhídrico como catalizador de la hidrólisis, para determinar el orden global de ambas reacciones.
2. Analizar la influencia del agente usado para la lixiviación, usando otros solventes o dejando de usarlo, para determinar el efecto sobre la concentración final.
3. Determinar la influencia de la temperatura sobre el medio de reacción, para establecer el efecto sobre la concentración final.
4. Utilizar un método alternativo a la espectrofotometría, para considerar otras opciones y evaluar el método más eficaz de determinación de la concentración.



## BIBLIOGRAFÍA

1. ATKINS, P. W. *Fisicoquímica*. 3a ed. México: Addison Wesley: 1985. 1096 p.
2. HERNANDO A. Pabón. *Los aminoácidos libres una clase de bioactivadores*. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill: 1992. 326 p.
3. HINES Anthony L. *Transferencia de Masa, Fundamentos y Aplicaciones*. México: Prentice Hall. 1987. 956 p.
4. K., WEISSERMEL / Arpe, H. J. *Química Orgánica Industrial*. España, Reverté, 1981. 432 p.
5. LEVINE, Ira N. *Fisicoquímica*. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Latinoamericana, 1981. 1092 p.
6. McCABE Warren L. *Operaciones Básicas de Ingeniería Química*. 4a ed. México: McGraw-Hill, 1991. 1177 p.
7. MCGILVERY, Roberth. *Conceptos Bioquímicos*. Barcelona, España: Reverté, 1977. 530 p.
8. PERRY, Robert H. *Manual del Ingeniero Químico*. 3a ed. México: McGraw-Hill, 1992. 2577 p.

9. STRYER, Lubert. *Bioquímica*. 7a ed. Barcelona, España: Reverté, 2013, 765 p.
10. VOET, Donald; Voet, Judith. *Bioquímica*. 3a ed. México: Médica Panamericana, 1994. 1756 p.
11. WINGROOVE, Alan S. *Química Orgánica*. México: Harla, 1984. 1498 p.
12. Wikipedia. *Glicina*. <<https://es.wikipedia.org/wiki/Glicina>>. [Consulta: 21 julio de 2015].

# APÉNDICES

## Apéndice 1. **Análisis de error**

Para determinar la validez de la hipótesis, derivada de los cálculos, por el efecto de los instrumentos de medición utilizados, tomamos como base de cálculo el efecto que tiene los errores de instrumentación sobre la concentración, como valor específico dependientemente directo sobre los valores de concentración promedio obtenidas a partir de los cálculos realizados, por medio de un análisis de varianzas, utilizando el método de Fisher, a partir de este análisis estadístico se acepta o rechaza los datos analizados de una muestra para determinar si cumple o no con el estándar establecido.

1. Este valor es +/- 5,00 % máximo de tolerancia, de acuerdo a la correlación de una serie de datos que debe dar un valor de coeficiente de correlación ( $r$ ) lo más próximo a 1.
2. De acuerdo a ello se procede a determinar si se rechaza o valida de acuerdo al análisis estadístico los datos obtenidos con el método planteado. Los valores mostrados en esta misma sección determinar la confiabilidad en el método propuesto.

Al respecto, se toma en cuenta que dicho análisis estadístico genera valores de incerteza en el cálculo y un error de propagación en cuanto a la mecánica cinética que depende también de la concentración. Para aceptar o rechazar la hipótesis nula de nuestro estudio, que indique si se acepta o rechaza la técnica, se debe tener menos del 5 % de variabilidad en los datos, Continuación apéndice 1.

Continuación apéndice 1.

de acuerdo al instrumento utilizado, en la manipulación de datos, por lo que el grado de confiabilidad de los datos calculados es de 95 %.

Los valores que permiten el cálculo de los errores propios de los instrumentos así como de propagación, están dados por la incerteza de medición de los instrumentos utilizados. Siendo estos:

Incerteza de la balanza: +/- 0.1mL

Incerteza de la pipeta (5 ml) : +/- 0.02mL

Involucrando estos valores a la serie de cálculos, en una muestra de 6 mediciones promedio, se detalla a continuación los valores obtenidos del análisis de varianzas. Siendo la expresión a utilizar:

$$\Delta X = (\partial Y / m) * \text{incerteza del instrumento}$$

Siendo dichos valores:

X: concentración

Y: absorbancia registrada por el espectrofotómetro

m: el intercepto de la curva de calibración

Generando el error de propagación a partir de ambos instrumentos de la siguiente forma:

$$\Delta X = (\partial Y / m) * \text{incerteza balanza} + (\partial Y / m) * \text{incerteza pipeta}$$

Continuación apéndice 1.

A continuación, se detalla en las siguientes tablas, como efecto de las incertezas de cada instrumento los errores generados por la medición implícita usando dichos instrumentos:

**1 Incertezas y error de propagación aplicadas a la concentración registrada en el espectrofotómetro para muestra de 37,00 % HCl + 25,00 % NH<sub>3</sub>**

Concentración (g/L) 5 min	Error a 5 min con pipeta	Error a 5 min con balanza	Error (propagación a 5 min)
0,406	0,00812	0,04060	0,04872
0,406	0,00812	0,04060	0,04872
0,305	0,00610	0,03050	0,03660
0,203	0,00406	0,02030	0,02436
0,152	0,00304	0,01520	0,01824

Fuente: elaboración propia.

Continuación apéndice 1

**2 Incertezas y error de propagación aplicadas a la concentración registrada en el espectrofotómetro para muestra de 37,00 % HCl + 25,00 % NH<sub>3</sub>**

Concentración (g/L) 10 min	Error a 10 min con pipeta	Error a 10 min con balanza	Error (propagación a 10 min)
0,457	0,00914	0,04570	0,05484
0,406	0,00812	0,04060	0,04872
0,406	0,00812	0,04060	0,04872
0,254	0,00508	0,02540	0,03048
0,203	0,00406	0,02030	0,02436

Fuente: elaboración propia.

**3 Incertezas y error de propagación aplicadas a la concentración registrada en el espectrofotómetro para muestra de 37,00 % HCl + 25,00 % NH<sub>3</sub>**

Concentración (g/L) 15 min	Error a 15 min con pipeta	Error a 15 min con balanza	Error (propagación a 15 min)
0,914	0,01828	0,09140	0,10968
0,863	0,01726	0,08630	0,10306
0,812	0,01624	0,08120	0,09744
0,710	0,01420	0,07100	0,08520
0,558	0,01116	0,05580	0,06740

Fuente: elaboración propia.

Continuación apéndice 1.

4 **Incertezas y error de propagación aplicadas a la concentración registrada en el espectrofotómetro para muestra de 31,45 % HCl + 25,00 % NH<sub>3</sub>**

Concentración (g/L) 5 min	Error a 5 min con pipeta	Error a 5 min con balanza	Error (propagación a 5 min)
0,406	0,00812	0,04060	0,04872
0,355	0,00710	0,03550	0,04260
0,305	0,00610	0,03050	0,03660
0,254	0,00508	0,02540	0,03048
0,203	0,00406	0,02030	0,02436

Fuente: elaboración propia.

5 **Incertezas y error de propagación aplicadas a la concentración registrada en el espectrofotómetro para muestra de 31,45 % HCl + 25,00 % NH<sub>3</sub>**

Concentración (g/L) 10 min	Error a 10 min con pipeta	Error a 10 min con balanza	Error (propagación a 10 min)
0,406	0,00812	0,04060	0,04872
0,406	0,00812	0,04060	0,04872
0,355	0,00710	0,03550	0,04260
0,254	0,00508	0,02540	0,03048
0,203	0,00406	0,02030	0,02436

Fuente: elaboración propia.

Continuación apéndice 1.

**6 Incertezas y error de propagación aplicadas a la concentración registrada en el espectrofotómetro para muestra de 31,45 % HCl + 25,00 % NH<sub>3</sub>**

Concentración (g/L) 15 min	Error a 15 min con pipeta	Error a 15 min con balanza	Error (propagación a 15 min)
0,761	0,01522	0,07610	0,09132
0,711	0,01422	0,07110	0,08532
0,609	0,01218	0,06090	0,07308
0,507	0,01014	0,05070	0,06084
0,457	0,00914	0,04570	0,05484

Fuente: elaboración propia.

**7 Incertezas y error de propagación aplicadas a la concentración registrada en el espectrofotómetro para muestra de 25,90 % HCl + 25,00 % NH<sub>3</sub>**

Concentración (g/L) 5 min	Error a 5 min con pipeta	Error a 5 min con balanza	Error (propagación a 5 min)
0,456	0,00912	0,04560	0,05472
0,355	0,00710	0,03550	0,04260
0,305	0,00610	0,03050	0,03660
0,203	0,00406	0,02030	0,24360
0,203	0,00406	0,02030	0,24360

Fuente: elaboración propia.

Continuación apéndice 1.

**8 Incertezas y error de propagación aplicadas a la concentración registrada en el espectrofotómetro para muestra de 25,90 % HCl + 25,00 % NH<sub>3</sub>**

Concentración (g/L) 10 min	Error a 10 min con pipeta	Error a 10 min con balanza	Error (propagación a 10 min)
0,456	0,00912	0,04560	0,05472
0,406	0,00812	0,04060	0,04872
0,355	0,00710	0,03550	0,04210
0,305	0,00610	0,03050	0,03660
0,254	0,00508	0,02540	0,03048

Fuente: elaboración propia.

**9 Incertezas y error de propagación aplicadas a la concentración registrada en el espectrofotómetro para muestra de 25,90 % HCl + 25,00 % NH<sub>3</sub>**

Concentración (g/L) 15 min	Error a 15 min con pipeta	Error a 15 min con balanza	Error (propagación a 15 min)
0,711	0,01422	0,07110	0,08532
0,711	0,01422	0,07110	0,08532
0,660	0,01320	0,06600	0,07920
0,508	0,01016	0,05080	0,06096
0,457	0,00914	0,04570	0,05484

Fuente: elaboración propia.

Continuación apéndice 1.

10 **Incertezas y error de propagación aplicadas a la concentración registrada en el espectrofotómetro para muestra de 20,35 % HCl + 25,00 % NH<sub>3</sub>**

Concentración (g/L) 5 min	Error a 5 min con pipeta	Error a 5 min con balanza	Error (propagación a 5 min)
0,406	0,00812	0,04060	0,04872
0,406	0,00812	0,04060	0,04872
0,305	0,00610	0,03050	0,03660
0,203	0,00406	0,02030	0,02436
0,152	0,00304	0,01520	0,01824

Fuente: elaboración propia.

11 **Incertezas y error de propagación aplicadas a la concentración registrada en el espectrofotómetro para muestra de 20,35 % HCl + 25,00 % NH<sub>3</sub>**

Concentración (g/L) 10 min	Error a 10 min con pipeta	Error a 10 min con balanza	Error (propagación a 10 min)
0,457	0,00914	0,04570	0,05484
0,406	0,00812	0,04060	0,04872
0,406	0,00812	0,04060	0,04872
0,305	0,00610	0,03050	0,03660
0,254	0,00408	0,02540	0,02948

Fuente: elaboración propia.

Continuación apéndice 1.

12 **Incertezas y error de propagación aplicadas a la concentración registrada en el espectrofotómetro para muestra de 20,35 % HCl + 25,00 % NH<sub>3</sub>**

Concentración (g/L) 15 min	Error a 15 min con pipeta	Error a 15 min con balanza	Error (propagación a 15 min)
0,609	0,01218	0,06090	0,07308
0,558	0,01116	0,05580	0,06690
0,508	0,01016	0,05080	0,06096
0,508	0,01016	0,05080	0,06096
0,457	0,00914	0,04570	0,05484

Fuente: elaboración propia.

13 **Incertezas y error de propagación aplicadas a la concentración registrada en el espectrofotómetro para muestra de 14,80 % HCl + 25,00 % NH<sub>3</sub>**

Concentración (g/L) 5 min	Error a 5 min con pipeta	Error a 5 min con balanza	Error (propagación a 5 min)
0,406	0,00812	0,04060	0,04872
0,406	0,00812	0,04060	0,04872
0,305	0,00610	0,03050	0,04110
0,203	0,00406	0,04060	0,04466
0,152	0,00304	0,03040	0,03344

Fuente: elaboración propia.

Continuación apéndice 1.

14 **Incertezas y error de propagación aplicadas a la concentración registrada en el espectrofotómetro para muestra de 14,80 % HCl + 25,00 % NH<sub>3</sub>**

Concentración (g/L) 10 min	Error a 10 min con pipeta	Error a 10 min con balanza	Error (propagación a 10 min)
0,406	0,00812	0,04060	0,04872
0,406	0,00812	0,04060	0,04872
0,355	0,00710	0,03550	0,04260
0,254	0,00508	0,02540	0,03048
0,203	0,00406	0,02030	0,02334

Fuente: elaboración propia.

15 **Incertezas y error de propagación aplicadas a la concentración registrada en el espectrofotómetro para muestra de 14,80 % HCl + 25,00 % NH<sub>3</sub>**

Concentración (g/L) 15 min	Error a 15 min con pipeta	Error a 15 min con balanza	Error (propagación a 15 min)
0,558	0,01116	0,05580	0,06696
0,508	0,01016	0,05080	0,06096
0,508	0,01016	0,05080	0,06096
0,457	0,00914	0,04570	0,05484
0,406	0,00812	0,04060	0,04872

Fuente: elaboración propia.

Continuación apéndice 1.

16 **Incerezas y error de propagación aplicadas a la concentración registrada en el espectrofotómetro para muestra de 9,25 % HCl + 25,00 % NH<sub>3</sub>**

Concentración (g/L) 5 min	Error a 5 min con pipeta	Error a 5 min con balanza	Error (propagación a 5 min)
0,406	0,00812	0,04060	0,05412
0,406	0,00812	0,04060	0,05412
0,305	0,00710	0,03050	0,03760
0,203	0,00406	0,02030	0,02436
0,152	0,00304	0,01520	0,01824

Fuente: elaboración propia.

Tabla 17 **Incerezas y error de propagación aplicadas a la concentración registrada en el espectrofotómetro para muestra de 9,25 % HCl + 25,00 % NH<sub>3</sub>**

Concentración (g/L) 10 min	Error a 10 min con pipeta	Error a 10 min con balanza	Error (propagación a 10 min)
0,406	0,00812	0,04060	0,04872
0,406	0,00812	0,04060	0,04872
0,355	0,00710	0,03550	0,04260
0,305	0,00610	0,03050	0,03660
0,203	0,00406	0,02030	0,02436

Fuente: elaboración propia.

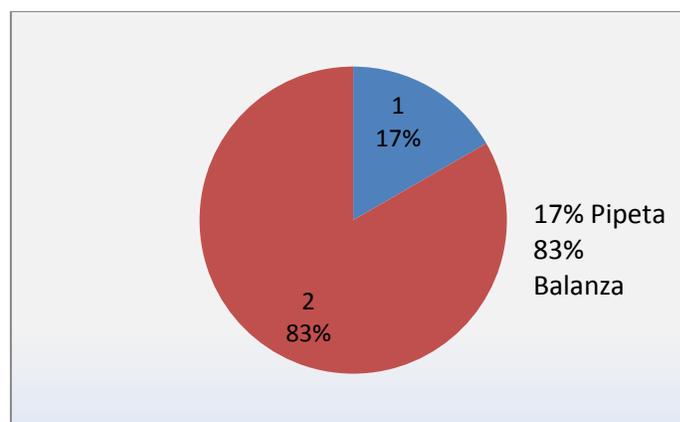
Continuación apéndice 1.

18 **Incertezas y error de propagación aplicadas a la concentración registrada en el espectrofotómetro para muestra de 9,25 % HCl + 25,00 % NH<sub>3</sub>**

Concentración (g/L) 15 min	Error a 15 min con pipeta	Error a 15 min con balanza	Error (propagación a 15 min)
0,508	0,01016	0,05080	0,06096
0,508	0,01016	0,05080	0,06096
0,457	0,00914	0,04570	0,05484
0,406	0,00812	0,04060	0,04872
0,406	0,00812	0,04060	0,04872

Fuente: elaboración propia.

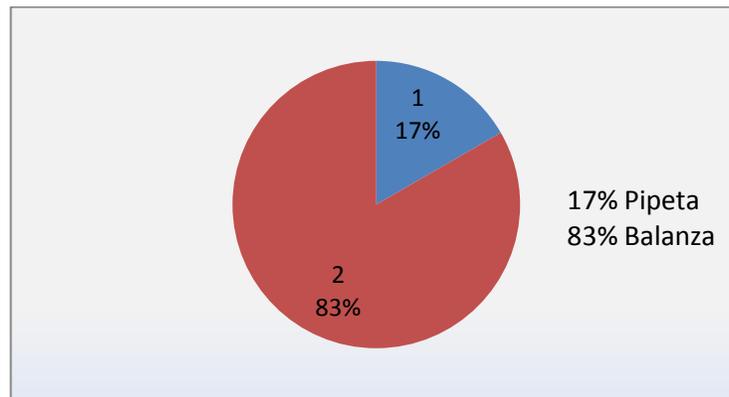
I. **Gráfica de incertezas aplicadas a la concentración promedio registrada en el espectrofotómetro para muestra de 37,00 % HCl + 25,00 % NH<sub>3</sub>**



Fuente: Elaboración Propia.

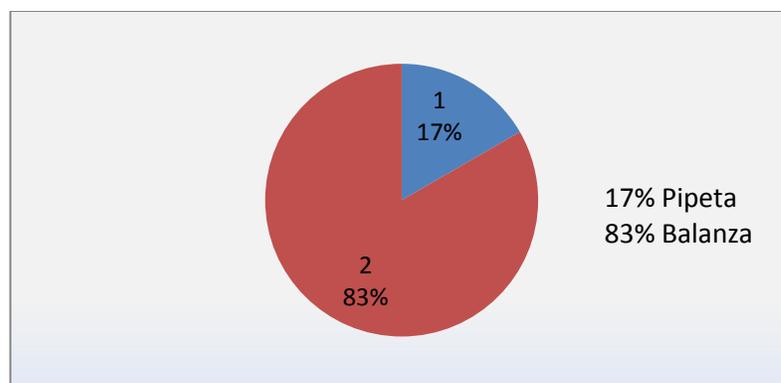
Continuación apéndice 1.

II. **Gráfica de incertezas aplicadas a la concentración promedio registrada en el espectrofotómetro para muestra de 31,45 % HCl + 25,00 % NH<sub>3</sub>**



Fuente: elaboración propia.

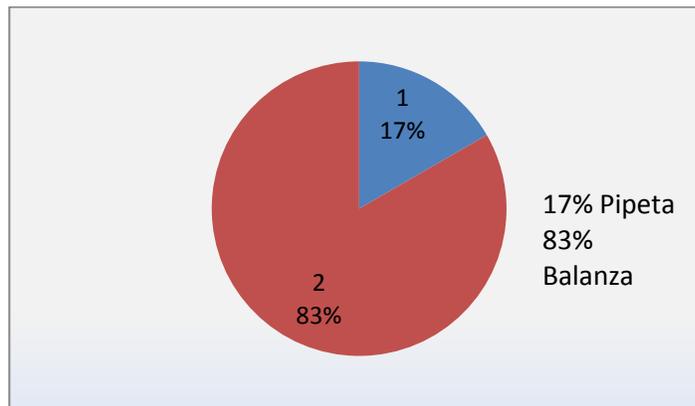
III. **Gráfica de Incertezas aplicadas a la concentración promedio registrada en el espectrofotómetro para muestra de 25,90 % HCl + 25,00 % NH<sub>3</sub>**



Fuente: elaboración propia.

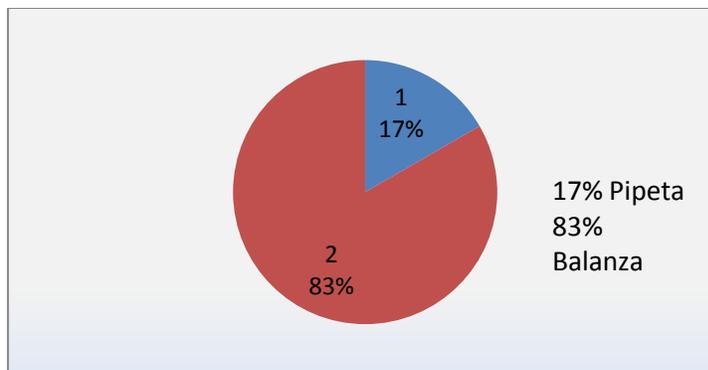
Continuación apéndice 1

IV. **Gráfica de Incertezas aplicadas a la concentración promedio registrada en el espectrofotómetro para muestra de 20,35% HCl + 25,00 % NH<sub>3</sub>**



Fuente: elaboración propia.

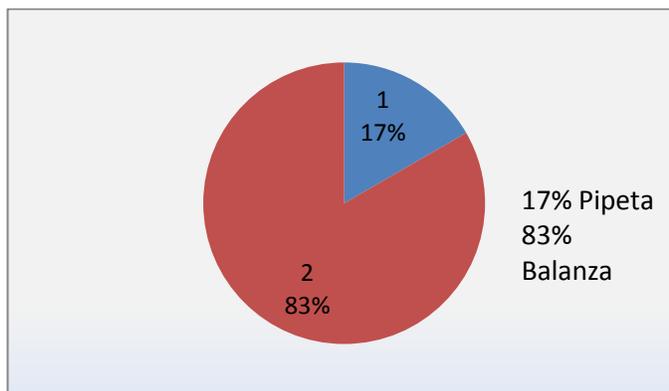
Figura V. **Gráfica de incertezas aplicadas a la concentración promedio registrada en el espectrofotómetro para muestra de 14,80 % HCl + 25,00 % NH<sub>3</sub>**



Fuente: elaboración propia.

Continuación apéndice 1

VI. **Gráfica de incertezas aplicadas a la concentración promedio registrada en el espectrofotómetro para muestra de 9,25 % HCl + 25,00 % NH<sub>3</sub>**



Fuente: elaboración propia.

1. Las incertezas obtenidas, dadas a conocer en esta sección de, muestran que según la variabilidad en cuanto a las mediciones que se puede tener en los errores de medición y que lleva a un error de propagación global al utilizar ambos instrumentos, es el de mayor aporte a la existencia del mismo el uso de la balanza de capacidad 250 gramos, el cual tiene un valor de aporte del +/- 0,10, esto equivale a un 0,05 % del peso total añadido implícito en cada medición; mientras que en el caso de la pipeta utilizada, con una capacidad de 5 ml con la que se hicieron las mediciones, es de +/- 0.02, que es un 0,40 % de valor erróneo en cuanto a la medición realizada.

Continuación apéndice 1.

2. Así cuantificando estos valores por medio del método de análisis de varianza que como resultado dan el error de cada instrumento, así como el error global o de propagación; el cual numéricamente da un valor del 83,00 % de error de propagación para la balanza y 17,00 % de error de propagación para la pipeta de 5 ml. Dicha interpretación se representa en la siguiente tabla mediante el método de Fisher, asociado a este análisis, con lo cual se concluye aceptable los valores obtenidos:

19

**Criterios de aceptación para incertezas calculadas**

Coeficiente de correlación (r) pipeta	0.961453	Si $r \geq 0.95$ las incertezas son válidas para el modelo planteado de las series de datos
Coeficiente de correlación (r) balanza	0.952560	Si $r \geq 0.95$ las incertezas son válidas para el modelo planteado de las series de datos
Incerteza Pipeta 5 ml	+/- 0.0005	Valor crítico F = 5 % Valor crítico de incerteza $F_c = 0.05$ % $F > F_c$ se rechaza hipótesis nula por lo que los datos cumplen
Incerteza balanza 250 g	+/- 0.004	Valor crítico F = 5 % Valor crítico de incerteza $F_c = 0.04$ % $F > F_c$ se rechaza hipótesis nula por lo que los datos cumplen

Fuente elaboración propia.

## Apéndice 2. Datos calculados

Las velocidades de reacción obtenidas, permiten el cálculo del orden de reacción mediante la ecuación general que representa la ley de velocidad del sistema; a este método con el cual se determinó el cálculo del orden de reacción se le llama *método de velocidades iniciales*, representado así:

$$V_A = k[A]^a[B]^b$$

$$V_A = d[A]/dt$$

Para nuestro caso de estudio existen 3 análisis importantes en cuanto a la velocidad, las cuales son:

$$V_{\text{NH}_3} = d[\text{NH}_3] / dt$$

$$V_{\text{HCl}} = d[\text{HCl}] / dt$$

$$V_{\text{ClCH}_2\text{COOH}} = d[\text{ClCH}_2\text{COOH}] / dt$$

Para efectos de cálculo y por las razones que se expondrán en la sección de discusión de resultados, el HCl actúa únicamente como un catalizador de la reacción, y como medio con el cual rompe los enlaces de hidrogeno de la proteína y que vuelve a regenerarse al final de la reacción; dando entonces que el sistema en estudio será:

$$V_{\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}} = k [\text{ClCH}_2\text{COOH}]^{n*} [\text{NH}_3]^m$$

A partir del método de velocidades iniciales entonces que los valores de n y m del sistema son 1 para ambos casos, quedando la ecuación de esta forma:

$$V_{\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}} = k [\text{ClCH}_2\text{COOH}]^{1*} [\text{NH}_3]^1$$

Continuación apéndice 2.

En base a esta metodología de cálculo y basándose tanto en valores obtenidos de la serie de datos calculada, se listan a continuación los valores estimados de  $K$  promedio y valores de velocidad de reacción promedio, también evaluados en cuanto a las variaciones de concentración establecidas durante un tiempo definido desde  $t = 0$  min hasta  $t = 15$  min en intervalos fijos de 5 min para cada cambio de concentración, como para los valores de dilución de los reactivos listados tanto, en la primera columna como en la evaluación del HCl como agente catalítico para formar la molécula intermedia, de donde se sintetiza finalmente el producto final.

20 **Valores promedio de orden de reacción para  $\text{NH}_3$  y  $\text{ClCH}_2\text{COOH}$ , a partir de subproducto obtenido con HCl al 37,00 %**

Concentración evaluada de $\text{NH}_3$	Orden $\text{NH}_3$	Orden $\text{ClCH}_2\text{COOH}$
25,00 %	0,9974	1,0026
21,25 %	1,4191	0,7009
17,50 %	0,9950	1,0450
13,75 %	0,9947	1,0353
10,00 %	0,9917	1,0083
6,25 %	0,9956	1,1544

Fuente: elaboración propia.

Continuación apéndice 2.

21 **Valores promedio de orden de reacción para NH<sub>3</sub> y ClCH<sub>2</sub>COOH, a partir de subproducto obtenido con HCl al 31,45 %**

Concentración evaluada de NH <sub>3</sub>	Orden NH <sub>3</sub>	Orden ClCH <sub>2</sub> COOH
25,00 %	0,9995	1,0605
21,25 %	0,9970	1,0430
17,50 %	0,8866	1,1210
13,75 %	0,9306	1,0494
10,00 %	0,9932	1,0568
6,25 %	0,9997	0,9853

Fuente: elaboración propia.

22 **Valores promedio de orden de reacción para NH<sub>3</sub> y ClCH<sub>2</sub>COOH, a partir de subproducto obtenido con HCl al 25,90 %**

Concentración evaluada de NH <sub>3</sub>	Orden NH <sub>3</sub>	Orden ClCH <sub>2</sub> COOH
25,00 %	1,0011	0,9975
21,25 %	0,9945	1,0022
17,50 %	1,0074	0,9946
13,75 %	0,9968	0,9842
10,00 %	0,9926	0,9654
6,25 %	1,0051	1,0149

Fuente: elaboración propia.

Continuación apéndice 2.

23 **Valores promedio de orden de reacción para NH<sub>3</sub> y CICH<sub>2</sub>COOH, a partir de subproducto obtenido con HCl al 20,35 %**

Concentración evaluada de NH <sub>3</sub>	Orden NH <sub>3</sub>	Orden CICH <sub>2</sub> COOH
25,00 %	1,4405	0,7895
21,25 %	1,0042	1,0518
17,50 %	0,9183	1,0804
13,75 %	1,0043	0,9887
10,00 %	0,9931	1,0069
6,25 %	1,0008	1,0292

Fuente: elaboración propia.

24 **Valores promedio de orden de reacción para NH<sub>3</sub> y CICH<sub>2</sub>COOH, a partir de subproducto obtenido con HCl al 14,80 %**

Concentración evaluada de NH <sub>3</sub>	Orden NH <sub>3</sub>	Orden CICH <sub>2</sub> COOH
25,00 %	0,9952	0,9988
21,25 %	0,8801	1,0839
17,50 %	0,9983	1,0056
13,75 %	0,9213	0,9417
10,00 %	0,9964	1,0059
6,25 %	1,0056	0,9831

Fuente: elaboración propia.

Continuación apéndice 2.

25 **Valores promedio de orden de reacción para NH<sub>3</sub> y ClCH<sub>2</sub>COOH, a partir de subproducto obtenido con HCl al 9,25 %**

Concentración evaluada de NH <sub>3</sub>	Orden NH <sub>3</sub>	Orden ClCH <sub>2</sub> COOH
25,00 %	1,0404	0,9926
21,25 %	1,0161	0,9959
17,50 %	0,9509	1,0381
13,75 %	0,9943	1,0237
10,00 %	0,9955	0,9915
6,25 %	1,0500	0,9700

Fuente: elaboración propia.

26 **Valores promedio de velocidad de reacción y K para NH<sub>3</sub> y ClCH<sub>2</sub>COOH a partir de subproducto obtenido con HCl al 37,00 %**

Concentración evaluada de % NH <sub>3</sub>	Velocidad promedio	Valor K
25,00%	1,06 E-03	6,3028
21,25%	8,95 E-04	6,1665
17,50%	1,59 E-03	6,3031
13,75%	1,05 E-03	6,3065
10,00%	1,08 E-03	6,3054
6,25%	8,74 E-04	6,3034

Fuente: elaboración propia.

Continuación apéndice 2.

27 **Valores promedio de velocidad de reacción y  $K$  para  $\text{NH}_3$  y  $\text{ClCH}_2\text{COOH}$  a partir de subproducto obtenido con  $\text{HCl}$  al 31,45 %**

Concentración evaluada de $\text{NH}_3$	Velocidad promedio	Valor $K$
25,00 %	9,89 E-04	6,3019
21,25 %	1,17 E-03	6,3028
17,50 %	1,45 E-03	6,4226
13,75 %	1,62 E-03	6,3276
10,00 %	1,43 E-03	6,3064
6,25 %	1,74 E-03	6,3030

Fuente: elaboración propia.

28 **Valores promedio de velocidad de reacción y  $K$  para  $\text{NH}_3$  y  $\text{ClCH}_2\text{COOH}$  a partir de subproducto obtenido con  $\text{HCl}$  al 25,90 %**

Concentración evaluada de % $\text{NH}_3$	Velocidad promedio	Valor $K$
25,00	9,95 E-04	6,3000
21,25	1,77 E-03	6,3055
17,50	1,45 E-03	6,3025
13,75	1,72 E-03	6,3032
10,00	1,54 E-03	6,3049
6,25	9,84 E-04	6,3149

Fuente: elaboración propia.

Continuación apéndice 2.

29 **Valores promedio de velocidad de reacción y  $K$  para  $\text{NH}_3$  y  $\text{ClCH}_2\text{COOH}$  a partir de subproducto obtenido con  $\text{HCl}$  al 20,35 %**

Concentración evaluada de % $\text{NH}_3$	Velocidad promedio	Valor $K$
25,00	9,59 E-04	6,1497
21,25	1,10 E-03	6,3005
17,50	1,40 E-03	6,3353
13,75	1,92 E-03	6,3002
10,00	1,54 E-03	6,3048
6,25	9,84 E-04	6,3023

Fuente: elaboración propia.

30 **Valores promedio de velocidad de reacción y  $K$  para  $\text{NH}_3$  y  $\text{ClCH}_2\text{COOH}$  a partir de subproducto obtenido con  $\text{HCl}$  al 14,80 %**

Concentración evaluada de % $\text{NH}_3$	Velocidad promedio	Valor $K$
25.00	9,03 E-04	6,3055
21.25	1,03 E-03	6,3333
17.50	1,13 E-03	6,3032
13.75	2,92 E-03	6,0685
10.00	1,54 E-03	6,3056
6.25	1,43 E-03	6,2919

Fuente: elaboración propia.

Continuación apéndice 2.

31 **Valores promedio de velocidad de reacción y  $K$  para  $\text{NH}_3$  y  $\text{ClCH}_2\text{COOH}$  a partir de subproducto obtenido con  $\text{HCl}$  al 9,25 %**

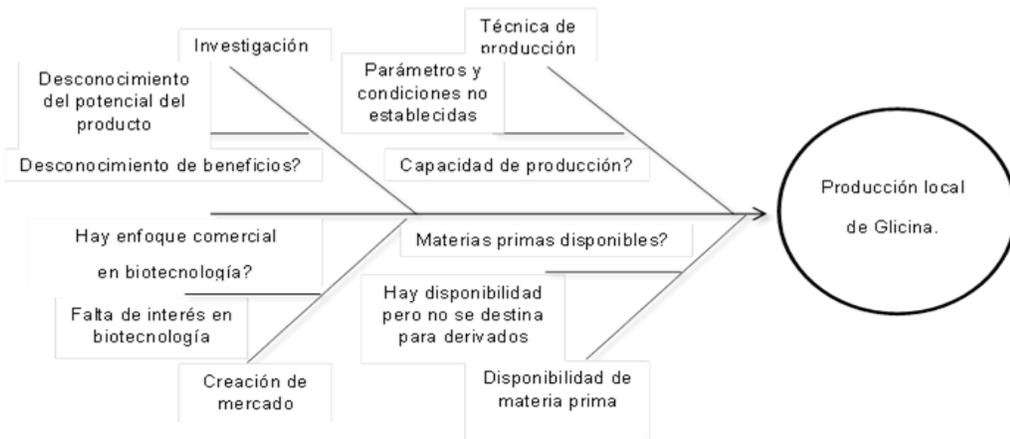
Concentración evaluada de $\text{NH}_3$	Velocidad promedio	Valor $K$
25,00	9,01 E-04	6,2749
21,25	1,11 E-03	6,2984
17,50	1,20 E-03	6,3308
13,75	1,38 E-03	6,3030
10,00	1,16 E-03	6,3047
6,25	7,36 E-04	6,4045

Fuente: elaboración propia.

### Apéndice 3. Diagrama de Ishikawa

A continuación se detalla en forma gráfica y resumida el enfoque de estudio del problema al que se ofrece una propuesta, según objetivos planteados.

Figura VII Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia.

A través de ello se refleja la limitación para producción en cuanto a los enfoques de:

- Producción
- Investigación
- Inversión en recursos
- Creación de mercados alternativos, en cuanto a la diversidad de beneficios económicos y técnicos.

