

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE QUIMICA



TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**“ESPECIACIÓN DE LOS COMPLEJOS TERNARIOS DE NÍQUEL(II)-ÁCIDO
PICOLÍNICO CON LOS AMINOÁCIDOS ÁCIDO ASPÁRTICO, ÁCIDO
GLUTÁMICO, HISTIDINA Y CISTEÍNA ESTUDIADOS MEDIANTE MEDIDAS DE
EMF(H) EN NaCl 1,0 M A 25°C”**

Trabajo Especial de Grado
presentado ante la Ilustre
Universidad Central de
Venezuela por la Br. María
Magdalena Centeno Sánchez
para optar al título de
Licenciado en Química

Caracas, Octubre, 2011

Los abajo firmantes designados por la Universidad Central de Venezuela, como integrantes del jurado examinador del Trabajo Especial de Grado titulado:

**“ESPECIACIÓN DE LOS COMPLEJOS TERNARIOS DE NÍQUEL(II)-ÁCIDO
PICOLINICO CON LOS AMINOÁCIDOS ÁCIDO ASPÁRTICO, ÁCIDO
GLUTÁMICO, HÍSTIDINA Y CISTEÍNA ESTUDIADOS MEDIANTE MEDIDAS DE
EMF(H) EN NaCl 1,0 M A 25 °C”.**

presentado por la Br. María Magdalena Centeno Sánchez; certificamos que este trabajo cumple con los requisitos exigidos por nuestra Magna Casa de Estudios para optar por el título de Licenciado en Química.

Caracas, octubre de 2011

Dra. Mary Lorena Araujo

(Tutor)

Dr. Vito R. Lubes

(Tutor)

Dra. Marisol Ortega

(Jurado)

Dr. José Daniel Martínez

(Jurado)

Yo, Dra. Mary Lorena Araujo, Profesora e Investigadora Titular del Centro de Equilibrios en Solución de la Escuela de Química de la Universidad Central de Venezuela y yo, Dr. Vito R. Lubes Profesor e Investigador Asociado del Laboratorio de Equilibrios en Solución de la Universidad Simón Bolívar.

Certificamos que, el presente Trabajo Especial de Grado, titulado:

“ESPECIACIÓN DE LOS COMPLEJOS TERNARIOS DE NÍQUEL(II)-ÁCIDO PICOLINICO CON LOS AMINOÁCIDOS ÁCIDO ASPÁRTICO, ÁCIDO GLUTÁMICO, HÍSTIDINA Y CISTEÍNA ESTUDIADOS MEDIANTE MEDIDAS DE EMF(H) EN NaCl 1,0 M A 25 °C”.

ha sido revisado por nosotros y el mismo cumple con los requisitos establecidos en las normativas internas de la CTEG de la Escuela de Química y por ello autorizamos su presentación.

Dra. Mary Lorena Araujo

(Tutor)

Dr. Vito R. Lubes

(Tutor)

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecida con Dios por regalarme cada día de mi vida.

Con mi padre por haberme dado la vida y algunos buenos recuerdos.

Con mi madre Gisela, por haberme traído al mundo, por estar siempre allí a mi lado guiándome y acompañándome en el camino de la vida, a ella le debo todo lo que soy ahora, ella ha sido la mejor madre del mundo para mí, te amo mami, gracias.

Gracias a mi esposo Nelson por ser una nueva etapa de mi vida, por apoyarme y comprenderme en todo momento, eres un gran apoyo para mí te admiro, te amo y te doy las gracias por ser mi otra mitad.

Gracias a mis hermanas que siempre han estado a mi lado para apoyarme y darme su cariño, y a mis sobrinitos que con su inocencia me hacen sentir feliz de ser su tía, los adoro.

Gracias a todos mis demás familiares quienes de un modo u otro han estado allí en el camino junto a mí.

A mis profesores de la Universidad Central de Venezuela por proporcionarme todos los conocimientos necesarios y más para culminar con éxito mi carrera y hacer de mí una profesional.

Gracias especialmente a la profesora Mary Lorena Araujo y al profesor Vito Lubes por darme la oportunidad de trabajar junto a ellos en este proyecto, por estar allí guiándome y aconsejándome para que todo saliera bien.

Gracias a todos mis amigos quienes han compartido conmigo en tantos momentos de mi vida, especialmente a mis amigas Endrina Randy y Yeri quienes me han acompañado a lo largo de mi carrera, valoro mucho el esfuerzo que hemos hecho juntas para cumplir el sueño de terminar nuestra carrera, las quiero mucho.

RESUMEN

En los últimos tiempos se ha reportado un importante incremento en la cantidad de pacientes con diabetes en todo el mundo, por lo que muchos investigadores se han abocado a la necesidad de hallar un tratamiento alternativo a la insulina para combatir esta enfermedad. Desde la década de los ochenta y tras la búsqueda de dichos tratamientos alternativos, se han reportado estudios sobre iones metálicos como el cobre, cromo, vanadio, wolframio, entre otros, que presentaron actividad insulinomimética in vitro y antidiabética in vivo en experimentos realizados con animales.

En este mismo orden de ideas, se han evaluado los complejos de metales de la primera serie de transición, como el vanadio utilizando ligandos como el ácido picolínico entre otros, que han dado respuesta a la actividad insulinomimética.

En este trabajo se realizó el estudio de la formación de complejos ternarios de níquel divalente - ácido picolínico y los aminoácidos ácido aspártico, ácido glutámico, cisteína e histidina mediante medidas de fuerzas electromotrices en NaCl 1,0 M a 25°C.

Las tablas siguientes muestran los resultados obtenidos.

Tabla I. Constantes de acidez en términos de pK_a del sistema H^+ - ácido picolínico en NaCl 1,0 M a 25 °C .

REACCIÓN	pK_a
$H_2C^+ \rightleftharpoons HC + H^+$	1,57(5)
$HC \rightleftharpoons C^- + H^+$	5,07(3)
Dispersión (σ)	0,038

Tabla II. Constantes de acidez en términos de pK_a del sistema H^+ - ácido aspártico en NaCl 1,0 M a 25 °C .

REACCIÓN	pK_a
$H_3L^+ \rightleftharpoons H_2L + H^+$	2,24(3)
$H_2L \rightleftharpoons HL^- + H^+$	3,78(2)
$HL^- \rightleftharpoons L^{2-} + H^+$	9,57(2)
Dispersion (σ)	0,029

Tabla III. Constantes de acidez en términos de pK_a del sistema H^+ - ácido glutámico en NaCl 1,0 M a 25 °C .

REACCIÓN	pK_a
$H_3L^+ \rightleftharpoons H_2L + H^+$	2,41(3)
$H_2L \rightleftharpoons HL^- + H^+$	4,22(2)
$HL^- \rightleftharpoons L^{2-} + H^+$	9,31(2)
Dispersion (σ)	0,029

Tabla IV. Constantes de acidez en términos de pK_a del sistema H^+ – cisteína en NaCl 1,0 M a 25 °C .

REACCIÓN	pK_a
$H_3L^+ \rightleftharpoons H_2L + H^+$	2,15(3)
$H_2L \rightleftharpoons HL^- + H^+$	8,44(2)
$HL^- \rightleftharpoons L^{2-} + H^+$	10,62(3)
Dispersion (σ)	0,028

Tabla V. Constantes de acidez en términos de pK_a del sistema H^+ -histidina en NaCl 1,0 M a 25°C.

REACCIÓN	pK_a
$H_3L^{+2} \rightleftharpoons H_2L^+ + H^+$	2,50(5)
$H_2L^+ \rightleftharpoons HL + H^+$	6,25(3)
$HL \rightleftharpoons L^- + H^+$	8,85(5)
Dispersion (σ)	0,045

Tabla VI. Constantes de formación en términos de $\log \beta_{pqrs}$ de los complejos hallados para el sistema H^+ - ácido picolínico (HC)- Ni(II)- ácido aspártico (H_2L) en NaCl 1,0 M a 25°C.

Reacción	$\log \beta_{pqrs}$ Z_B
$Ni^{2+} + HC + H_2L \rightleftharpoons [NiCH_2L]^+ + H^+$	5,40(7)
$Ni^{2+} + HC + H_2L \rightleftharpoons NiCHL + 2H^+$	2,08(7)
$Ni^{2+} + HC + H_2L \rightleftharpoons [NiCL]^- + 3H^+$	-3,95(6)
$Ni^{2+} + HC + H_2L \rightleftharpoons [NiCL(OH)]^{2-} + 4H^+$	-14,6(3)
Dispersión (σ)	0,097

Tabla VII. Constantes de formación en términos de $\log \beta_{pqrs}$ de los complejos hallados para el sistema H^+ - ácido picolínico (HC)- Ni(II)- ácido glutámico (H_2L) en NaCl 1,0 M a 25°C.

Reacción	$\log \beta_{pqrs}$ Z_B
$Ni^{2+} + HC + H_2L \rightleftharpoons [NiCH_2L]^+ + H^+$	4,9(1)
$Ni^{2+} + HC + H_2L \rightleftharpoons NiCHL + 2H^+$	0,98(9)
$Ni^{2+} + HC + H_2L \rightleftharpoons [NiCL]^- + 3H^+$	-5,6(1)
$Ni^{2+} + HC + H_2L \rightleftharpoons [NiCL(OH)]^{2-} + 4H^+$	-14,7(2)
Dispersión (σ)	0,126

Tabla VIII. Constantes de formación en términos de $\log \beta_{pqrs}$ de los complejos hallados para el sistema H^+ - ácido picolínico (HC)- Ni(II)-cisteína (H_2L) en NaCl 1,0 M a 25°C.

Reacción	$\log \beta_{pqrs}$ Z_B
$Ni^{2+} + HC + H_2L \rightleftharpoons [NiCH_2L]^+ + H^+$	4,78(6)
$Ni^{2+} + HC + H_2L \rightleftharpoons [NiCL]^- + 3H^+$	-6,63(5)
Dispersión (σ)	0,109

Tabla IX. Constantes de formación en términos de $\log \beta_{\text{pqr}}$ de los complejos hallados para el sistema H^+ - ácido picolínico (HC)- Ni(II) - histidina (HL) encontrados en NaCl 1,0 M a 25°C .

Reacción	$\log \beta_{Z_B}$
$\text{Ni}^{2+} + \text{HC} + \text{HL} \rightleftharpoons [\text{NiHCHL}]^{2+}$	10,41(9)
$\text{Ni}^{2+} + \text{HC} + \text{HL} \rightleftharpoons \text{NiCL} + 2\text{H}^+$	0,62(5)
$\text{Ni}^{2+} + \text{HC} + \text{HL} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons [\text{NiCL(OH)}]^- + 3\text{H}^+$	-10,1(1)
Dispersión (σ)	0,066

Índice

	Pág.
Símbolos.....	11
1. Introducción	12
1.1. Generalidades del níquel.....	12
1.2. Química del níquel	16
1.3. Química de los ligandos	18
1.3.1. Ácido picolínico	18
1.3.2. Aminoácidos	20
1.3.2.1. Ácido aspártico (H ₂ C)	22
1.3.2.2. Ácido glutámico (H ₂ C)	24
1.3.2.3. Cisteína (HC)	26
1.3.2.4. Histidina (HC)	27
1.4. Complejos de Níquel, ácido picolínico, ácido aspártico, ácido glutámico, cisteína e histidina	29
1.4.1. Sistema H ⁺ - Ni(II)- ácido picolínico	29
1.4.2. Sistema H ⁺ - Ni(II)- ácido aspártico	29
1.4.3. Sistema H ⁺ - Ni(II)- ácido glutámico	30
1.4.4. Sistema H ⁺ - Ni(II)- cisteína	31
1.4.5. Sistema H ⁺ - Ni(II)- histidina	31
2. Fundamento teórico	33
2.1. Ley de acción de masas, escala de actividades y constantes de estabilidad	33
3. Objetivos	37
3.1. Objetivo general	37
3.2. Objetivos específicos	37
4. Parte experimental	38
4.1. Reactivos	38
4.2. Materiales e instrumentos de medida	38
4.3. Disoluciones	39
4.4. Montaje experimental	39

4.5. Procedimiento experimental	40
4.6. Medidas de emf(H)	41
4.7. Análisis de los datos	41
5. Resultados y discusión	44
5.1. Determinación de los parámetros E_0 y J	44
5.2. Estudio del sistema H^+ - ligando	46
5.1.1. Sistema H^+ - ácido picolínico.....	46
5.2.1. Sistema H^+ - ácido aspártico	49
5.2.2. Sistema H^+ - ácido glutámico	52
5.2.3. Sistema H^+ - cisteína	55
5.2.4. Sistema H^+ - histidina	58
5.3. Estudio del sistema H^+ - Ac. picolínico- Ni(II)- aminoácidos.....	61
5.3.1. Estudio del sistema H^+ - Ac. picolínico- Ni(II)- Ac. aspártico.....	61
5.3.2. Estudio del sistema H^+ - Ac. picolínico- Ni(II)- Ac. glutámico.....	66
5.3.3. Estudio del sistema H^+ - Ac. picolínico- Ni(II)- cisteína.....	70
5.3.4. Estudio del sistema H^+ - Ac. picolínico- Ni(II)- histidina	73
6. Conclusiones	79
7. Bibliografía	81
8. Apéndice	84

Símbolos

H, B, C, L	Concentraciones totales analíticas de protones, metal, ligando, ligando
h, b, c, ℓ	Concentraciones en equilibrio de protones, metal, ligando, ligando
β_{pqrs}	Constante de estabilidad de um complejo $H_p(Ni)_q(H_iC)_r^{p+q+r+s}$, brevemente (p, q, r, s)
c_{pqrs}	Concentración en equilibrio de un complejo (p, q, r).
$emf(H)$	Medida de fuerza electromotriz
E	Potencial (mV) de la pila
E_o	Potencial estándar del electrodo (mV)
EV	Electrodo de vidrio
$\{H\}$	Disolución madre de ácido fuerte (Na, H)Cl 0,1 M
J	Parámetro relacionado con el potencial de unión líquida
$\{mi\}$	Medio iónico inerte NaCl 1,0 M
M, mM	mol/L, milimol/L respectivamente
pH	$-\log h$
$\{OH\}$	Disolución madre de base fuerte Na(Cl, OH) 0,1 M
σ	Dispersión = $\sqrt{U/(ns.np - nk)}$
U	Suma de mínimos cuadrados
Z_c, Z_B	Nº medio de moles de H^+ disociados por mol de ligando y metal respectivamente.

1. INTRODUCCION

1.1. Generalidades del Níquel

El Níquel es un elemento químico de símbolo Ni y número atómico 28 ubicado en el período 4 y grupo 10 de la tabla periódica, perteneciente a los elementos de la primera serie de los metales de transición.

Su configuración electrónica es $[\text{Ar}] 3d^8 4s^2$, sus estados de oxidación son 0, +1,+2,+3 y +4 y posee una estructura cristalina cúbica centrada en las caras, la cual está formada por un átomo en cada vértice y un átomo en cada cara del cubo; dicha estructura se muestra en la **figura 1**.¹

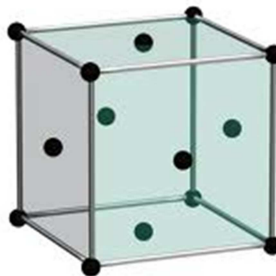


Figura 1. Estructura cristalina del níquel.¹

El níquel es un metal de color blanco plata, duro y dúctil que funde a 1452°C, tiene propiedades ferromagnéticas, presenta elevada conductividad eléctrica y térmica y es moderadamente electropositivo.¹ En la **figura 2** se muestra una imagen de este metal.

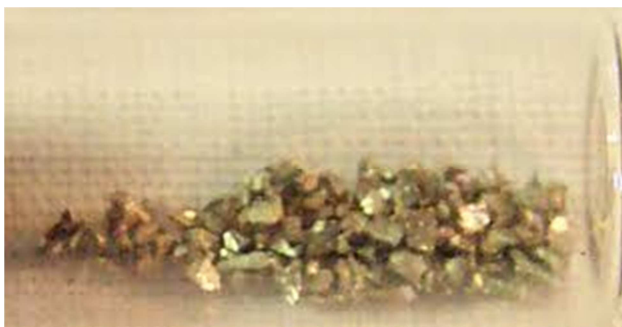


Figura 2. Níquel metálico.

Este metal es relativamente no reactivo; a temperatura ambiente no se combina con el oxígeno, no se disuelve en agua, es decir, es muy estable al aire y al agua; es disuelto fácilmente por ácidos diluidos, pero no con ácido nítrico concentrado, y a altas temperaturas se hace más reactivo.^{1,2}

El níquel fue descubierto por Axel Frederik Cronstedt en una mina de cobalto ubicada en Suecia en 1751.³ De dicho metal se han descubierto cinco isótopos naturales estables los cuales son, ^{58}Ni , ^{60}Ni , ^{61}Ni , ^{62}Ni y ^{64}Ni , siendo el isótopo más ligero el más abundante (68%). Además, se han identificado también siete isótopos radioactivos estables de Níquel, éstos son, ^{57}Ni , ^{59}Ni , ^{63}Ni , ^{65}Ni , ^{66}Ni , ^{67}Ni .

A continuación en la **tabla 1** se muestran algunas de las propiedades más representativas del níquel.

Tabla 1. Propiedades del níquel.⁴

Nombre	Níquel
Símbolo químico	Ni
Número atómico	28
Valencia	2,3
Estados de oxidación	0,+1,+2,+3,+4
Electronegatividad (Ni ⁺²)	1,91
Radio covalente (Å)	1,20
Radio iónico (Å)	0,78
Radio atómico (Å)	1,24
Configuración electrónica	[Ar]3d ⁸ 4s ²
Primer potencial de ionización (eV)	7,68
Masa atómica (g/mol)	58,71
Densidad (g/ml)	8,9
Punto de ebullición (°C)	2730
Punto de fusión (°C)	1452
Descubridor	Axel Cronstedt 1751

Además de formar compuestos simples como son sus sales, el níquel puede formar también una amplia variedad de complejos o compuestos de coordinación.

Por otra parte, dicho metal ocupa la posición número 22 entre los elementos químicos más abundantes de la corteza terrestre (entre 0,01% y 0,02%); está presente en las rocas ígneas en un 0,01%, en pequeñas cantidades en los animales y las plantas, así como también se encuentra en el petróleo, el carbón y en el agua de mar.⁴ Sin embargo, el níquel no se encuentra como metal puro en la naturaleza, a menos que sea proveniente de meteoritos de hierro; por lo que generalmente se encuentra presente en minerales como la Niquelina (NiAs), la Garnierita (Si₄O₁₃[Ni-Mg]₂·2H₂O), Pentlanlita, Pirrotina, sulfuros y otros compuestos como arseniuros, silicatos y sulfoarseniuros.

Se muestran en la **figura 3** algunos de los minerales en los cuales el níquel está presente.



Figura 3. Algunos minerales que contienen níquel.

El níquel puede encontrarse también en sistemas biológicos, se ha observado en las hidrogenasas (proteínas pertenecientes a enzimas), las cuales lo contienen en forma de complejos, especialmente aquellas que sirven para oxidar el hidrógeno.

Comercialmente, la mayor cantidad de níquel es utilizado en la fabricación de acero inoxidable y en otras aleaciones, ya que éste les brinda dureza, tenacidad y ligereza además de cualidades anticorrosivas, eléctricas y térmicas. Se utiliza también para la acuñación de monedas y como un poderoso catalizador y co-catalizador.²

El níquel no se encuentra en estado puro en la naturaleza, por lo que se han desarrollado métodos para su obtención como metal, un ejemplo de ello es el proceso de Mond, en el cual se produce tetracarbonilo de níquel ($\text{Ni}(\text{CO})_4$), compuesto que es un gas extremadamente toxico.⁵

La exposición al níquel, no debe superar los $0,05 \text{ mg/cm}^3$, se sospecha que los vapores de polvo de sulfuro de níquel son cancerígenos. El níquel puede producir alergias al tener contacto con la piel.

1.2. Química del Níquel

El níquel divalente, constituye la valencia predominante de este metal, y es la que poseen todas sus sales sencillas; sin embargo se conocen algunos compuestos con estados de oxidación III y IV.

En estado divalente, el níquel forma un gran número de compuestos. En solución acuosa, el estado de oxidación +2 es el único estado importante del níquel y se exceptúan unos pocos complejos en los cuales el metal se halla en otros estados de oxidación. El Ni (II) es también el único estado de oxidación importante en la química de sus disoluciones no acuosas.¹

En cuanto a la estereoquímica, los complejos de níquel(II) suelen ser octaédricos; sin embargo, unos cuantos son cuadrados planos, y otros aún menos abundantes, son tetraédricos. Son varios los factores que determinan la estereoquímica, pero uno en particular es la energía de estabilización del campo cristalino (EECC).⁵ Esta explica en parte, la relativa rareza de los complejos tetraédricos de níquel (II). Los únicos complejos comunes de níquel(II) que presentan una estructura tetraédrica son los iones tetrahalogenonicolato(II); ya que, se forman con ligantes grandes, con carga negativa y campo débil. Al ser grandes y tener carga negativa, estos complejos tienen una repulsión electrostática considerable entre ligantes vecinos, y es por ello que se prefieren cuatro ligantes en lugar de seis.

El níquel se hidroliza para formar algunos hidroxocomplejos, en las **tablas 2 y 3**, se reúne información acerca de la formación de especies mononucleares y polinucleares de níquel (II) respectivamente.

Tabla 2. Productos de hidrólisis del Ni^{II} (complejos mononucleares) reportados en la bibliografía a 25 °C.

$\log \beta_{\text{pqr}}$				
Condiciones	$[\text{NiOH}]^+$	$\text{Ni}(\text{OH})_2(\text{ac})$	$[\text{Ni}(\text{OH})_3]^-$	Referencia
0,25 M – 1,0 M NaClO_4 / ?	-9,76*	-	-	6
1,5 M KNO_3 / 20°C	-10,18*	-	-	7
3,00 M NaClO_4 / 25 °C	-10*	-	-	8
3,00 M NaCl / 25 °C	<-10,5*	-	-	9
I = 0 / 25 °C (medidas de solubilidad)	-	-17,19*	-4,22*	10
NaCl 1,0 M/25°C	-9,4(1)	-16,94(4)		11

*errores no reportados

La diferencia entre los valores reportados es atribuida al empleo de diferentes escalas de actividades y métodos de medida. En la siguiente tabla se muestran los resultados encontrados en la bibliografía de las hidroxoespecies polinucleares del $\text{Ni}(\text{II})$.

Tabla 3. Productos de hidrólisis del Ni^{II} (complejos polinucleares) reportados en la bibliografía a 25 °C.

log β_{pqr}			
Medio	[Ni ₂ OH] ³⁺	[Ni ₄ (OH) ₄] ⁴⁺	referencia
3,00 M NaClO ₄	<-9,5*	-27,37*	8
3,00 M NaCl	-9,3*	-28,42*	8
3,00 M NaCl	<-10,5*	-28,55*	9
1,5 M NaClO ₄	-	-27,03*	12
3,00 M LiClO ₄	-	-27,32*	13
(3,0/0,1) M LiClO ₄ /dioxano	-	-27,11*	13
(3,0/0,2)M LiClO ₄ /dioxano	-	-27,04*	13
1,0 M NaCl		-27,73(3)	11

*errores no reportados

Se observa similitud entre los valores de las constantes reportadas por los diversos autores en las diferentes condiciones de medida.

1.3. Química de los ligandos

1.3.1. Ácido picolínico (HC)

Los ácidos piridin-carboxílicos como el ácido picolínico (Hpic), **figura 4**, se encuentran presentes en muchos productos naturales, y son de gran interés porque juegan un papel importante a nivel fisiológico, por ejemplo, este ácido se encuentra en humanos como un metabolito del aminoácido triptófano.¹⁴

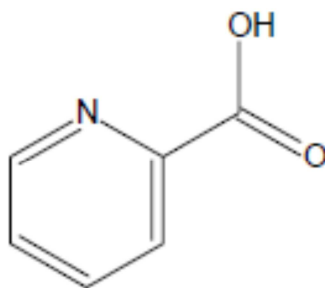


Figura 4. Estructura molecular del ácido picolínico.¹⁴

El ácido 2 – piridincarboxílico, por brevedad ácido picolínico, contiene un grupo carboxílico en posición orto al nitrógeno del anillo piridínico, actuando como un ligando monoácido y bidentado con coordinación (N,COO⁻) estéricamente favorecida; en la siguiente tabla se muestran algunas de sus propiedades.

Tabla 4. Propiedades del ácido picolínico.¹⁵

Fórmula molecular	C ₆ H ₅ O ₂ N
Masa molecular	123,105 g/mol
<i>pK_a</i>	1,0 y 5,2 (en medio iónico KCl 0,1M)
Punto de fusión	(136 – 137)°C
Solubilidad	Muy soluble en ácido acético glacial y agua
	Insoluble en éter, cloroformo y disulfuro de carbono
Es isómero geométrico del ácido nicotínico	
Sublima	

En la **tabla 5** se presentan los valores de *pK_a* del ácido picolínico, obtenidos empleando medidas de fuerzas electromotrices *emf*(H).

Tabla 5. Valores de pK_a reportados en la bibliografía para el sistema, H^+ – ácido picolínico obtenidos en NaCl 1,0 M a 25°C.

Sistema	Reacción	pK_a	Dispersión $\sigma(Z_c)$	Referencia
H^+ – ácido picolínico	$H_2C^+ \rightleftharpoons HC + H^+$	1,77(4)	0,033	11
	$HC \rightleftharpoons C^- + H^+$	5,24(5)		

1.3.2. Los aminoácidos

Los aminoácidos son moléculas orgánicas que contienen en un mismo átomo de carbono, un grupo amino ($-NH_2$) y un grupo ácido carboxílico ($-COOH$), un hidrógeno (H) y un grupo de estructura variable generalmente denominado (R).¹⁵

Ya que en el carbono alfa al grupo carbonilo de los aminoácidos se encuentran el grupo amino, un hidrógeno y el grupo R, todos los aminoácidos que componen las proteínas son conocidos como alfa-aminoácidos, siendo el grupo R el que determina la identidad y propiedades de dichos aminoácidos, en la **figura 5** se muestra una estructura tipo.¹⁵

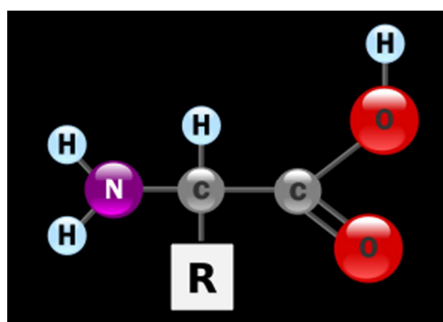


Figura 5. Estructura general de un aminoácido.

Debido a que en la estructura de los aminoácidos están presentes grupos que contienen hidrógenos, estos grupos son sensibles a los cambios de pH; es decir, a pH ácido los aminoácidos se encuentran mayoritariamente en su forma catiónica o protonada, mientras que a pH básicos, éstos se encuentran en su forma aniónica o desprotonada. No obstante, existe un pH determinado para cada aminoácido en el cual la carga positiva y la carga negativa son iguales o se encuentran en la misma proporción por lo que la molécula se encuentra eléctricamente neutra, a este estado se le conoce con el nombre de zwitterión o ión dipolar, y la estructura del mismo puede observarse en la **figura 6**.

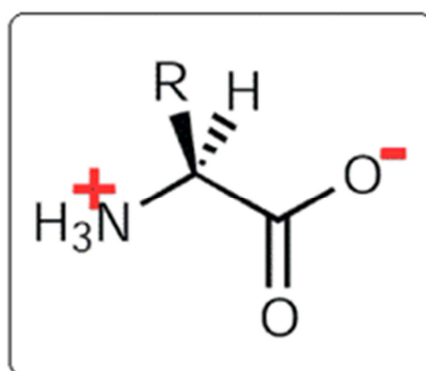


Figura 6. Estructura general de un Zwitterion

A diferencia de las aminas y los ácidos carboxílicos, los aminoácidos son sólidos cristalinos no volátiles que funden con descomposición a temperaturas relativamente elevadas; son insolubles en solventes no polares y apreciablemente solubles en agua y sus soluciones acuosas se comportan como soluciones de sustancias de elevado momento dipolar; además, sus constantes de acidez y basicidad son muy pequeñas comparadas con las constantes de acidez y basicidad de los grupos ácidos y de los grupos amino por separado.¹⁵

Estas características concuerdan con que los aminoácidos presentan un comportamiento de ión dipolar.

Existen varias formas de clasificar los aminoácidos, sin embargo las más comunes son las siguientes.

✓ *Según las propiedades de su cadena lateral (R).*

- Neutros polares, polares o hidrófilos: estructuras que poseen una alta afinidad por el agua.
- Neutros no polares, apolares o hidrófobos: cuyas estructuras presentan poca o ninguna afinidad por el agua.
- Con carga negativa o ácidos; poseen un segundo grupo carboxílico que se halla completamente ionizado.
- Con carga positiva o básicos; en los que los grupos R poseen carga neta positiva y un segundo grupo básico.
- Aromático: su estructura posee un anillo aromático.

✓ *Según su obtención.*

- Esenciales: se refieren a los que necesitan ser ingeridos por el cuerpo.
- No esenciales: son aquellos que pueden ser sintetizados por el cuerpo.

1.3.2.1. Ácido aspártico (H₂L)

El ácido aspártico también conocido como ácido aminoetano-1,2-dicarboxílico o ácido 2-aminobutanodioico, presenta un grupo carboxilo (-COOH) en cada extremo de la cadena lateral, es decir, un segundo grupo ácido está presente por lo que pertenece al grupo de aminoácidos ácidos; tiene un peso molecular de 133,10 g/mol y una fórmula condensada (C₄H₇O₄N), se comporta como un ligando tridentado.

Forma parte de los veinte aminoácidos con los que las células forman las proteínas. En la **figura 7**, se puede observar su estructura.¹¹

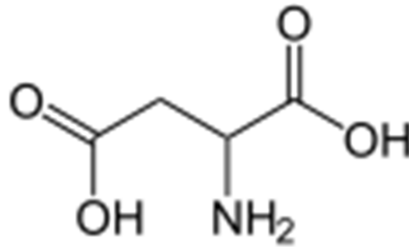


Figura 7. Estructura del ácido aspártico.¹¹

Este aminoácido puede ser considerado como la amina acida del ácido málico. Se obtuvo por primera vez en el año 1827 por Plisson.¹⁵ al calentar asparagina con hidróxido de plomo, lo que arrojó un precipitado, el cual fue cristalizado para obtener así el aminoácido.

El ácido aspártico es un aminoácido no esencial que es considerado importante en la síntesis de ADN, de la úrea y como neurotransmisor cerebral.

La **tabla 6**, reúne los valores de pK_a reportados en la literatura a la misma escala de actividades utilizada en este trabajo.

Tabla 6. Valores de pK_a reportados en la bibliografía para el sistema H^+ – ácido aspártico, obtenidos en NaCl 1,0 M a 25 °C.

pK_{a1}	pK_{a2}	pK_{a3}	Ref.
2,08(3)	3,76(2)	9,39(4)	16
---	3,64*	---	17
1,76(3)	3,58(3)	9,47(5)	18

*error no reportado.

Los pK_a , presentan algunas diferencias.

1.3.2.2. Ácido glutámico (H_2L)

El ácido glutámico, también llamado ácido 2-aminopentanodioico, de fórmula condensada $C_5H_9O_4N$ y peso molecular 147,13 g/mol; pertenece al grupo de los aminoácidos ácidos ya que presenta en su estructura un segundo grupo ácido. Es otro de los 20 aminoácidos que forman parte de las proteínas y puede comportarse como ligando tridentado. En la **figura 8**, puede observarse su estructura.

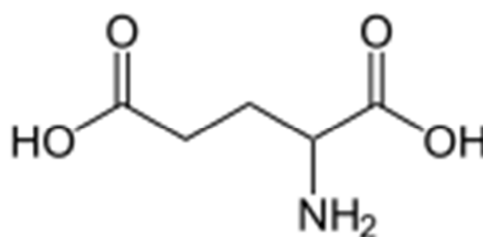


Figura 8. Estructura del ácido glutámico.^{18,19}

Fue sintetizado por primera vez en 1866 por Ritthausen,²⁰ a partir de la hidrólisis con ácido sulfúrico de harina de gluten, la cual es conocida en la actualidad como gliadina.¹⁵

El ácido glutámico, no es un nutriente esencial debido a que el hombre puede sintetizarlo a partir de otros compuestos. Además, se sabe que es uno de los aminoácidos con mayor presencia en el organismo y es el neurotransmisor excitatorio por excelencia de la corteza cerebral humana.

Además, es un sustrato para la síntesis de proteínas y un precursor del metabolismo anabólico en el músculo mientras que regula el equilibrio ácido/base en el riñón y la producción de úrea en el hígado. También interviene en el proceso de transportar nitrógeno entre los órganos. Varios estudios científicos han demostrado que el estómago, intestino, páncreas y bazo consumen un 95% del ácido glutámico ingerido en la dieta, por lo que es importante tomar una dieta rica en proteínas, a manera de que el funcionamiento del resto del organismo no se vea alterado por una falta de este nutriente.

En la **tabla 7**, se presentan valores de pK_a reportados para el ácido glutámico por medio de medidas de $emf(H)$.

Tabla 7. Valores de pK_a reportados en la bibliografía, obtenidos para el sistema H^+ – ácido glutámico, en NaCl 1,0 M a 25 °C.

pK_{a1}	pK_{a2}	pK_{a3}	Ref.
2,27(3)	4,15(2)	9,36(4)	16
2,32(4)	4,15(3)	9,37(4)	21
2,39*	4,06*	9,50*	22

*Los errores no fueron reportados

Los pK_a , reportados para las dos primeras bibliografías son muy similares entre sí, en el último caso difieren en el pK_{a3} .

1.3.2.3. Cisteína (H₂L)

Este aminoácido también es llamado ácido 2-amino-3-mercaptopropanoico, **figura 9**, su fórmula condensada es C₃H₇O₂NS y su peso molecular es de 121,16 g/mol. Debido a que su estructura es afín al agua este aminoácido pertenece al grupo de los polares; se comporta como ligando bidentado. Forma parte del selecto grupo de veinte aminoácidos que utilizan las células para sintetizar proteínas.¹⁶

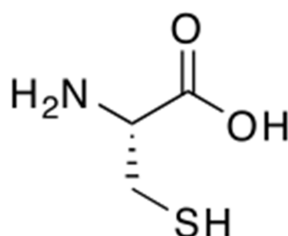


Figura 9. Estructura de la cisteína.¹⁶

La cisteína, es un aminoácido no esencial, sulfurado, que puede oxidarse dando el dímero cistina. Puede ser sintetizado a partir de la metionina, que es un aminoácido esencial, por medio de dos reacciones: transmetilación, en la que la metionina se transforma en homocisteína y transculturación, en la que la homocisteína pasa a ser cisteína.¹⁵

Este aminoácido puede ser encontrado en muchas proteínas por todo el cuerpo. La cisteína está formada por azufre, que es necesario para la estructura proteínica, la actividad enzimática, y el metabolismo de la energía.

En la **tabla 8**, se presentan valores de pK_a reportados en la literatura para la cisteína, por medio de medidas de *emf*(H).

Tabla 8. Valores de pK_a reportados en la bibliografía para el sistema H^+ – cisteína, obtenidos en NaCl 1,0 M a 25 °C.

pK_{a1}	pK_{a2}	pK_{a3}	ref.
1,98(7)	8,50(6)	11,0(1)	16
2,05(3)	8,11(3)	9,86(4)	21
2,04	8,22*	10,26*	23

*Los errores no fueron reportados

Los pK_a , reportados presentan diferencias importantes.

1.3.2.4. Histidina (HL)

Se le conoce también como ácido α -amino-4-imidazolpropionico, **figura 10**, su fórmula condensada es $C_6H_9N_3O_2$ y su peso molecular es de 155,16 g/mol. La histidina es uno de los aminoácidos naturales más comunes. Está considerado como un aminoácido esencial, pero sólo en niños. Se comporta como un ligando bidentado.

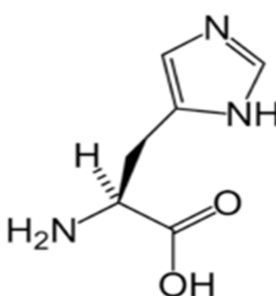


Figura 10. Estructura de la hístidina.^{16,21}

La histidina, fue reportada por primera vez en 1896 en dos trabajos distintos,^{24,25} uno de ellos escrito por Kossel²⁶ donde el aminoácido fue sintetizado a partir de la esturina (proteína básica en el esperma de esturión) y el otro publicado por Hedin²⁵ donde se basó en la hidrólisis de diferentes proteínas.^{16,20}

La histidina es un aminoácido básico débil. A pH neutro no está cargado sin embargo a pH ácido se convierte en una base con carga positiva capaz de establecer interacciones iónicas con aminoácidos cargados negativamente como lo son los ácidos aspártico y glutámico.

La cadena lateral (imidazol) de la histidina es a menudo un ligando coordinador en las metaloproteínas, y también un sitio catalítico en ciertas enzimas. Es un precursor de la biosíntesis de histamina.

En la **tabla 9**, se encuentran los valores de pK_a reportados en la bibliografía para la histidina, por medio de medidas de $emf(H)$.

Tabla 9. Valores de pK_a reportados en la bibliografía para el sistema H^+ – histidina, obtenidos en NaCl 1,0 M a 25 °C.

pK_{a1}	pK_{a2}	pK_{a3}	Ref.
2,21(2)	6,33(1)	9,08(2)	16
2,50(5)	6,26(7)	9,06(7)	21

Se observa gran similitud entre los valores reportados en la bibliografía.

1.4. Complejos de Ni, ácido picolínico, ácido aspártico, ácido glutámico, cisteína e histidina.

1.4.1. Sistema H^+ – Ni(II) – ácido picolínico

En la **tabla 10** se muestra el modelo de especies y los valores de las constantes de formación β_{pqr} obtenidos por L. Veliz.¹¹ para el sistema H^+ – Ni(II) – ácido picolínico, único trabajo reportado en la bibliografía en similares condiciones a las que se emplean en este trabajo.

Tabla 10. Complejos obtenidos y constantes de formación en términos $\log \beta_{pqr}$ obtenidos mediante medidas de fuerza electromotriz $efm(H)$ para el sistema H^+ – Ni(II) – ácido picolínico, obtenidos en NaCl 1,0 M a 25°C.

Reacción	$\log \beta_{pqr}$	Ref.
$Ni^{2+} + HC \rightleftharpoons [NiC]^+ + H^+$	1,30(7)	11
$Ni^{2+} + 2HC \rightleftharpoons NiC_2 + 2H^+$	1,91(5)	
$Ni^{2+} + 3HC \rightleftharpoons [NiC_3]^- + 3H^+$	1,3(1)	
Dispersión $\sigma(Z_c)$	0,025	

1.4.2. Sistema H^+ – Ni(II) – ácido aspártico

En la **tabla 11**, se reúnen los valores de las constantes de formación de los complejos reportados en la bibliografía por diversos autores, obtenidos en diferentes condiciones experimentales, para el sistema H^+ -Ni(II)- H_2L (H_2L = ácido aspártico).¹⁶

Tabla 11. Constantes de formación $\log \beta^*_{\text{pqs}}$, reportadas en la bibliografía, en diferentes condiciones de temperatura y medio iónico, empleando medidas de $\text{emf}(\text{H})$, para el sistema $\text{H}^+ - \text{Ni}(\text{II})$ -ácido aspártico, en el nivel de reacciones C^{2-} .¹⁶

Medio	M	°C	$\log \beta^*_{011}$	$\log \beta^*_{012}$	$\log \beta_{111}$	Ref.
NaCl	1,0	25	8,22(5)	13,84(8)	12,82(4)	21
NaCl	0,12	25	6,60*	11,92*	-	27

Los errores de los $\log \beta^*_{\text{pqs}}$ no fueron reportados

Se observan diferencias importantes en los valores de las constantes de formación reportadas, atribuido posiblemente, además de las diferentes escalas de actividades empleadas, a las condiciones de medidas o errores experimentales de cada caso. En cuanto al trabajo reportado por Lema,²¹ se observa la formación de un nuevo complejo que no había sido reportado antes.

1.4.3. Sistema $\text{H}^+ - \text{Ni}(\text{II})$ – ácido glutámico

En la **tabla 12**, se muestran los valores de las constantes de formación de los complejos reportados en la bibliografía, obtenidos en diferentes condiciones experimentales, para el sistema $\text{H}^+ - \text{Ni}(\text{II}) - \text{H}_2\text{C}$ (H_2C = ácido glutámico).

Tabla 12. Constantes de formación en términos de $\log \beta^*_{\text{pqr}}$, reportadas en la bibliografía, en diferentes condiciones de temperatura, medio iónico y empleando medidas de $\text{emf}(\text{H})$, para el sistema $\text{H}^+ - \text{Ni}(\text{II})$ -ácido glutámico, en el nivel de reacciones C^{2-} .¹⁶

Medio	M	°C	$\log \beta^*_{011}$	$\log \beta^*_{012}$	Ref.
NaCl	1,0	25	5,15(6)	9,45(1)	21
NaCl	0,12	25	5,34*	9,34*	27
NaCl	0,15	37	5,533*	9,764*	28

Los errores de los $\log \beta^*_{\text{pqs}}$ no fueron reportados

Se observan pequeñas diferencias en los valores de las constantes de formación reportadas, atribuido posiblemente, al uso de las diferentes escalas de actividades.

1.4.4. Sistema H^+ – Ni(II) – cisteína

En la **tabla 13**, se pueden observar los valores de las constantes de formación de los complejos reportados en la bibliografía por diversos autores, obtenidos en diferentes condiciones experimentales, para el sistema H^+ -Ni(II)-cisteína.

Tabla 13. Constantes de formación en términos de $\log \beta^*_{PQS}$, reportadas en la bibliografía, en diferentes condiciones de temperatura y medio, empleando medidas de $emf(H)$, para el sistema H^+ -Ni(II)- H_2C en el nivel de reacciones C^{2-} .¹⁶

Medio	°C	$\log \beta^*_{011}$	$\log \beta^*_{012}$	$\log \beta^*_{111}$	$\log \beta^*_{112}$	$\log \beta^*_{023}$	Ref.
NaCl 1,0M	25	8,57(4)	-	14,17 max 14,67	24,04(1)	-	21
NaCl 0,15M	37	9,603*	19,219*	-	-	31,49	28

Los errores de los $\log \beta^*_{PQS}$ no fueron reportados

Se observa gran controversia entre los trabajos reportados en el modelo de especies propuestas.

1.4.5. Sistema H^+ – Ni(II) – histidina

En la **tabla 14**, se muestran los valores de las constantes de formación de los complejos formados en el sistema H^+ -Ni(II)-HC (HC = histidina).

Tabla 14. Constantes de formación, reportadas en la bibliografía, en diferentes condiciones de temperatura y medio iónico, para el sistema H^+ -Ni(II)-HC, todas obtenidas empleando medidas de $emf(H)$ en el nivel de reacciones C⁻.¹⁶

Medio	M	°C	$\log \beta^*_{011}$	$\log \beta^*_{012}$	$\log \beta^*_{211}$	$\log \beta^*_{212}$	$\log \beta^*_{111}$	$\log \beta^*_{112}$	Ref.
NaCl	1,00	25	8,75(4)	15,47(5)	17,91(6)	25,72(3)	13,16(2)	20,82(1)	21
NaCl	0,15	37	8,315*	14,86*	-	-	-	-	28
NaCl	0,20	25	-	15,57*	-	-	-	-	29
NaCl	0,20	25	8,40*	15,20*	-	-	-	-	30
NaCl	0,12	25	8,48*	15,24*	-	-	-	-	31

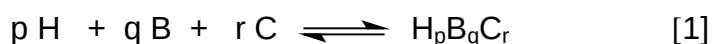
Los errores de los $\log \beta^*_{PQS}$ no fueron reportados

Se observa que hay controversia en el modelo de especies de este sistema, el orden de los valores de las constantes de formación de los complejos coincidentes son del mismo orden. Esta diferencia en el modelo puede ser atribuido al método de medida empleado en los diversos trabajos.

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. Ley de acción de masas, escala de actividades y constantes de estabilidad

La interacción de diversos reactantes H, B y C para producir uno o varios complejos de la forma $H_pB_qC_r$, brevemente (p, q, r), según la reacción de equilibrio [1], en disolución acuosa, es cuantificada mediante la ley de acción de masas (LAM) [2], donde h , b , c son las concentraciones en equilibrio de los reactivos H, B, C y c_{pqr} , β_{pqr} y ϕ_{pqr} representan la concentración, la constante de equilibrio y el producto de los coeficientes de actividad de un determinado complejo (p, q, r), respectivamente.³²



$$c_{pqr} = \Phi_{pqr} \beta_{pqr} h^p b^q c^r \quad [2]$$

Se ha determinado experimentalmente que en disoluciones concentradas de una sal inerte (NaClO_4 3,0 M, KCl 3,0 M, por ejemplo) los coeficientes de actividad de los reactivos y complejos permanecen constantes, siempre que sus concentraciones se mantengan por debajo del 20 % de la concentración de los iones del medio iónico.³² Esto trae como consecuencia el uso más frecuente de concentraciones en lugar de actividades en expresiones termodinámicas como la LAM, debido a esta forma más simple de las ecuaciones que describen el comportamiento de los equilibrios de formación de complejos, el método del *medio iónico inerte* se utiliza regularmente; por lo que se pueden definir nuevas escalas, denominadas *escalas de actividad del medio iónico*, donde se considera que los coeficientes de actividad se aproximan a uno, conforme la composición de la disolución se acerca a la del disolvente y así se tiene que en la ley de acción de masas [2], $\Phi_{pqr} = 1$.³²

La estabilidad de los iones complejos es un tema de gran interés, ya que explica la química de las disoluciones en las que estos se encuentran y determinan las especies que pueda haber en ellas. Las propiedades de los iones metálicos en disolución dependen de la naturaleza de los grupos ligantes que los rodean.²¹

Las reacciones que forman los complejos metálicos, generalmente, ocurren en etapas sucesivas, de tal manera que cada una de ellas posee una constante de equilibrio K_i . Las constantes de equilibrio sucesivas K_i son denominadas constantes de estabilidad, porque cuanto mayor sea su valor, tanto mayor será la concentración del complejo al alcanzar el estado de equilibrio, es decir, son una medida de la magnitud de la asociación de los reactantes.^{21, 32}

También se emplea una segunda clase de constante de equilibrio llamada constante de estabilidad, β , o constante de formación, la cual se define como el producto de las constantes de equilibrio. Así, en un sistema que posee dos equilibrios sucesivos, $\beta_1 = K_1$ y $\beta_2 = K_1 \cdot K_2$; en general, se tendrá que $\beta_n = K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_n$.²¹

Termodinámicamente, la constante de equilibrio de una reacción es una medida de la cantidad de calor liberado y de la variación de entropía que tuvo lugar durante la misma. Cuanto mayor es la cantidad de calor que se libera, tanto más estables son los productos de reacción. Cuanto mayor es el desorden de los productos en relación con los reactivos, tanto mayor será el aumento de entropía que acompaña a la reacción y tanto mayor será también la estabilidad de los productos. Los cambios de energía pueden relacionarse con la constante de estabilidad mediante la ecuación [3].

$$\Delta G_{pqr} = -R T \ln \beta_{pqr} \quad [3]$$

Por su parte, los cambios de entropía que acompañan la formación de un complejo, pueden calcularse mediante la aplicación de la ecuación [4], la cual involucra los cambios de entalpía relacionados, tomando en cuenta la energía de

solvatación y los cambios energéticos producidos por la ruptura de enlaces en los reactantes y la formación de nuevos enlaces en los complejos resultantes.

$$\Delta S = \frac{(\Delta H_{\text{pqr}} - \Delta G_{\text{pqr}})}{T} \quad [4]$$

La influencia de la entropía en la estabilidad de un complejo también puede explicarse considerando que si un proceso determina un aumento del número de partículas independientes irá asociado a un aumento de entropía, es decir, mayor número de partículas independientes implica mayor desorden en el sistema. Por ejemplo, durante el proceso de coordinación de una molécula de etilendiamina se liberan dos moléculas de agua, por lo tanto este proceso está acompañado por una variación de entropía favorable. Los ligandos tri, tetra y polidentados, en general, pueden reemplazar tres, cuatro o más moléculas de agua, respectivamente, para formar complejos aún más estables, por lo tanto, un agente quelatante formará complejos con iones metálicos más estables que un ligando análogo no quelatante.²¹

El número de átomos del anillo que forma un quelato es también un factor determinante de la estabilidad de un complejo metálico. Los quelatos metálicos más estables contienen ligandos saturados que forman anillos de cinco lados o ligandos no saturados que forman anillos de seis lados.²¹

La estabilidad de muchos complejos se puede explicar mediante un simple modelo electrostático, lo cual permite predecir el calor de reacción producido durante la formación de un complejo. Sabiendo que las partículas electrizadas con cargas de diferente signo se atraen, y que estas atracciones o repulsiones dependen de la distancia a la cual se encuentran las partículas cargadas, siendo tanto más intensas cuanto menor es la distancia, cabe esperar que los complejos formados por iones de signos opuestos sean los más estables. Cuanto mayor sea su carga y mayor su radio, tanto mayor deberá ser la estabilidad del complejo resultante; por tanto, los iones pequeños están favorecidos porque pueden acercarse más. Así, la estabilidad de los complejos debiera aumentar con la carga del ion metálico, aunque esta

dependencia varía con el tamaño del ion, es decir, un catión muy pequeño dotado de dos cargas puede formar complejos de estabilidad comparable a la de los complejos de cationes más grandes de mayor carga. A pesar de ello, la relación carga/radio juega un papel más importante que la carga por sí sola o el radio, ya que se ha encontrado que mientras mayor sea la relación carga/radio, mayor será la estabilidad del complejo formado.²¹

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Determinar mediante medidas de $emf(H)$, las constantes de formación de los complejos ternarios de níquel(II) con ácido picolínico y distintos aminoácidos (ácido aspártico, ácido glutámico, cisteína e histidina) en NaCl 1,0 M a 25 °C.

3.2. Objetivos específicos

- Determinar las constantes de acidez (pK_a) del ácido picolínico y de los aminoácidos ácido aspártico, ácido glutámico, cisteína e histidina, empleando medidas de $emf(H)$ en NaCl 1,0 M a 25 °C.
- Determinar las constantes de formación del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)-ácido aspártico, empleando medidas de $emf(H)$ en NaCl 1,0 M a 25 °C.
- Determinar las constantes de formación del sistema H^+ -ácido picolínico- Ni(II)-ácido glutámico, mediante medidas de $emf(H)$ en NaCl 1,0 M a 25 °C.
- Determinar las constantes de formación del sistema H^+ -ácido picolínico- Ni(II)-cisteína, a través medidas de $emf(H)$ en NaCl 1,0 M a 25 °C.
- Determinar las constantes de formación del sistema H^+ -ácido picolínico- Ni(II)-histidina, utilizando medidas de $emf(H)$ en NaCl 1,0 M a 25 °C.

4. PARTE EXPERIMENTAL

4.1. Reactivos

- Ácido clorhídrico (HCl) Riedel de-Haën
- Hidróxido de sodio (NaOH) Merck
- Cloruro de sodio (NaCl) Merck
- Ftalato ácido de potasio ($\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$) Riedel de-Haën
- Acido aspártico ($\text{C}_4\text{H}_7\text{O}_4\text{N}$) Merck
- Acido glutámico ($\text{C}_5\text{H}_9\text{O}_4\text{N}$) Merck
- Ácido picolínico ($\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_2\text{N}$) Merck
- Cisteína ($\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_2\text{NS}$) Merck
- Histidina ($\text{C}_6\text{H}_9\text{O}_2\text{N}_3$) Merck
- Cloruro de níquel hexahidratado ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) Merck
- Nitrógeno (N_2)
- Agua tridestilada

4.2. Materiales e instrumentos de medida

- Balanza Adventurer Ohaus de apreciación 0,0001grs
- Pipetas Corning de 2;4;5;10;15;50 y 100 mL
- Bureta Kimax de 25 mL
- Reactor 100 mL Metrohm EA 876-20
- *pH*-metro Orion modelo 520 A
- Electrodo de vidrio con referencia interna Radiometer PH C2401-8
- Frascos lavadores de N_2
- Agitador magnético de 1"
- Controlador de temperatura Cole-Parmer. Polystat

4.3. Disoluciones

- ✓ **{OH⁻}**: (OH⁻ 0,1 M en NaCl 1,0M) se preparó a partir de una ampolla de NaOH, añadiendo NaCl seco, aforado con agua tridestilada y se estandarizó con KHC₈H₄O₄.
- ✓ **{HCl}**: (H⁺ 0,1M en NaCl 1,0M) se preparó a partir de una ampolla de HCl, añadiendo NaCl seco, aforado con agua tridestilada y se estandarizó con **{OH⁻}** 0,1 M.
- ✓ **{mi}**: disolución de medio iónico 1,0 M, se preparó por pesada de NaCl seco a temperatura ambiente y aforado con agua tridestilada.
- ✓ **{C}**: las disoluciones de los ligandos (ácido picolínico, ácido aspártico, glutámico, cisteína e histidina) fueron preparadas a partir de los respectivos productos comerciales, NaCl seco, aforados con agua tridestilada.

{Ni}: disolución de Ni(II) se preparó por pesada de la sal NiCl₂·6H₂O, pesada de NaCl y luego se le agrego una alícuota de 5mL de HCl 1,0 M, se aforo la disolución con agua tridestilada y finalmente se estandarizo frente a una disolución de EDTA con rojo de bromopyrogallol como indicador.

4.4. Montaje experimental



Figura 11.Equipo de medidas de $emf(H)$ empleado.

4.5. Procedimiento experimental

El estudio de cada uno de los sistemas se realizó en dos etapas mediante el uso del montaje experimental mostrado en la **figura 11**. La primera etapa consiste en realizar una titulación ácido fuerte-base fuerte con el fin de determinar los parámetros E_o y j (potencial estándar y potencial de unión líquida respectivamente) de la ecuación de Nernst [5].

$$E = E_o + J h + 59,16 \log h \quad [5]$$

En la *segunda etapa* y dependiendo del sistema en estudio, finalizada la *etapa 1*, se agregaron en el reactor (sin extraer el electrodo) una alícuota de ácido picolínico y aminoácido (ácido aspártico, glutámico, cisteína e histidina) y se valoró con la disolución de base fuerte. Se emplearon varias relaciones **R**, Ni: ácido picolínico: aminoácido (1:1:1; 1:2:1; 1:1:2).

La disolución del reactor se mantuvo agitada magnéticamente bajo atmósfera de N_2 , libre de CO_2 y O_2 , burbujeando el gas a través de una serie de frascos lavadores que contenían disoluciones de V(II) en medio ácido y en presencia de $Zn(Hg)$, HCl 0,1 M, $NaOH$ 0,1 M y $NaCl$ 1,0 M, con el fin de eliminar O_2 , impurezas básicas, impurezas ácidas y mantener la presión de vapor del medio iónico, respectivamente. Tanto el equipo, como el operador se mantuvieron en un ambiente termostatzado a 25,0 (0,1) °C.

4.6. Medidas de $emf(H)$

La medida de $emf(H)$ es el método más conveniente para la determinación de constantes de estabilidad debido a que permite medir al menos una de las concentraciones en equilibrio de las especies iónicas en disolución con gran exactitud y sin suposiciones. En este trabajo la concentración de los iones H^+ en equilibrio h se determinará mediante la pila [6], donde $REF = AgCl\ 3,0\ M / AgCl\ 3,0\ M / Ag, Pt$;



S = disolución problema en equilibrio y EV = electrodo de vidrio.

A $25^\circ C$ el potencial (mV) de la pila [6] viene dado por la ecuación [5], siendo E_o el potencial normal y J , una constante relacionada con el potencial de la unión líquida //.

Se puede comprobar el buen funcionamiento de la pila [6], valorando una alícuota de la solución $\{H\}$ por adiciones sucesivas de la disolución $\{OH\}$, hasta alcanzar el punto de equivalencia.²¹

4.7. Análisis de los datos

Los datos experimentales $[H, B, C, E_o, J, (v, E)_{np}]_{ns}$ ($ns = n^\circ$ de experimentos, $np = n^\circ$ de puntos en cada experimento) fueron tratados utilizando el programa computacional de mínimos cuadrados generalizados LETAGROP.³³

Para la *etapa 1* se minimizo la función [7] para obtener así los valores definitivos de E_o y J de la pila.

$$U_1 = \sum (h - H)^2 \quad [7]$$

Los datos de la *etapa 2* fueron analizados mediante el programa LETAGROP,³³ minimizando la función [8] donde, $Z_B (= (h-H) / B)$ y $Z_C (= (h - H) / C)$ se refieren al número medio de protones disociados por mol de metal y ligando, respectivamente. Donde la función U_3 se empleó para el análisis de los datos del sistema H^+ -ligando y ambas funciones para el estudio del sistema H^+ -Ni(II)-HC-aminoácido.

$$U_2 = \sum (Z_B - Z_B^*)^2 \quad [8]$$

$$U_3 = \sum (Z_C - Z_C^*)^2$$

Donde Z_C^* representa los correspondientes valores teóricos calculados según el modelo de nk especies $(p, q, r, \beta_{pqr})_{nk}$ y $(p, q, \beta_{pq})_{nk}$ en cada caso.

Puesto que la suma de mínimos cuadrados [8] se puede considerar una función [9] de las constantes de estabilidad β_{pqr} y de los posibles errores

$$U = U ((\beta_{pqr})_{nk}, (ks)_{nks}) \quad [9]$$

sistemáticos cometidos en la determinación de los parámetros E_o y J de la ecuación Nerst [5] o bien, en las concentraciones totales H , B y C de los reactivos

involucrados, variando sistemáticamente la combinación de nk especies y nks errores, se pudo encontrar el modelo $(p, q, r, \beta_{pq})_{nk}$ que en el último término, incluya todas las especies razonablemente posibles, hasta alcanzar un mínimo para [9] o bien, para la desviación típica o estándar [10], siendo n el número de puntos experimentales.

$$\sigma(\theta) = \sqrt{\frac{U}{n - nk}} \quad [10]$$

5. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1. Determinación de los parámetros E_0 y J

Los parámetros de potencial estándar (E_0) y potencial de unión líquida (J), que se encuentran en la ecuación de Nernst [5], fueron determinados mediante titulación potenciométrica (medidas de fuerza electromotriz) entre un ácido fuerte {HCl} y una base fuerte {OH}.

En la **tabla 15**, se pueden observar los valores de un experimento modelo, usado para la determinación de dichos parámetros. Se valoraron v_0 (**15 mL**) de la disolución {H}, H_0 (mM), por adiciones sucesivas de volúmenes de v (mL) de la base {OH}, H_T (mM).

Los valores obtenidos fueron tratados utilizando la función de Gran (Y), ecuación [11], suponiendo un valor de $J=0$, frente al volumen de base añadido (v mL).

$$Y = [(v_0 + v)10^{(E-JH)/59,16}] = 10^{E_0/59,16}(v_0H_0 - H_Tv) \quad [11]$$

De la ecuación [11], se deduce que Y viene dado por la ecuación [12].

$$Y = [(v_0 + v)10^{E/59,16}] \quad [12]$$

Tabla 15. Valores obtenidos en un experimento modelo, para la determinación de E_0 preliminar, en el sistema H^+ – ácido picolínico (HC) en medio iónico de NaCl 1,0 M a 25°C.

Volumen (mL)	Potencial (mV)	Ecuación de Gran (Y)
0	313,8	3022392,716
2	307,6	2690964,791
4	301,3	2353541,295
6	294	1957912,735
8	285,6	1546372,233
10	275,7	1143361,111
12	261	696832,6159
14	233,4	255641,4449
14,5	216,5	134706,7292

En la **figura 12** se muestra la gráfica de Y en función de v obtenida a partir de los datos que aparecen en la **tabla 15**.

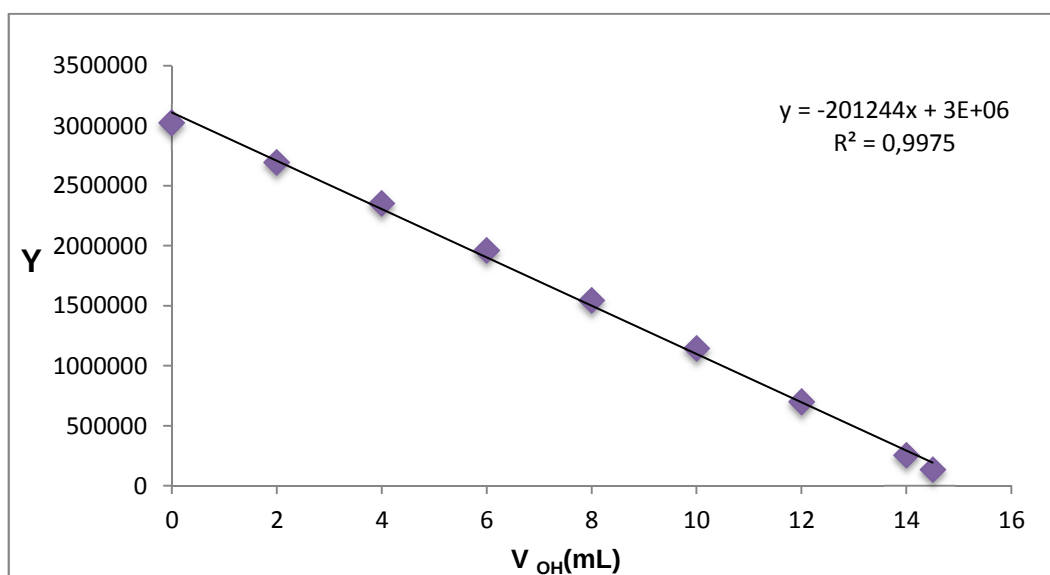


Figura 12. Grafica de Y en función de v obtenida para el sistema H^+ -HC.

De la pendiente de la curva, se obtiene el valor $m = -201244$; a partir del cual se calculó el valor de E_0 preliminar, empleando la expresión [12].

Con este valor preliminar de E_0 fueron analizados los datos E (v mL), empleando el programa de mínimos cuadrados LETAGROP, minimizando la función [7] calculando así los valores de E_0 y J definitivos.

5.2. Estudio del sistema H^+ - ligandos

Para el estudio de los sistemas H^+ -ligandos los datos experimentales se analizaron mediante el uso del programa computacional de mínimos cuadrados LETAGROP, con el cual fue minimizada la función $U_3 = \sum (Z_C - Z_C^*)^2$ con el fin de obtener los resultados de los valores de pK_a para cada uno de los ligandos utilizados (ácido picolínico, ácido aspártico, ácido glutámico, cisteína e histidina).

5.2.1. Sistema H^+ - ácido picolínico (HC)

Las constantes de acidez (pK_a) para el sistema H^+ - HC fueron determinadas empleando el programa de mínimos cuadrados generalizados LETAGROP, la **tabla 16**, **figura 13**, muestran los resultados obtenidos.

El primer valor de pK_a de 1,57; corresponde a la desprotonación del grupo carboxílico, mientras que el segundo pK_a es 5,07; correspondiente a la desprotonación del grupo piridínico.

Tabla 16. Constantes de acidez en términos de pK_a obtenidas para el sistema H^+ -HC en NaCl 1,0 M a 25°C .

REACCIÓN	pK_a
$H_2C^+ \rightleftharpoons HC + H^+$	1,57(5)
$HC \rightleftharpoons C^- + H^+$	5,07(3)
Dispersión $\sigma(Z_C)$	0,038

En la **figura 13**, se muestran los datos de $Z_C(pH)$, donde Z_C representa el número medio de protones disociados por mol de ligando. Los puntos representan los datos experimentales y la curva de trazo continuo el modelo de especies propuesto, dado en la **tabla 16**. Se observa un excelente ajuste del modelo propuesto y los datos, acorde con el valor de $\sigma(Z_C)$ obtenido.

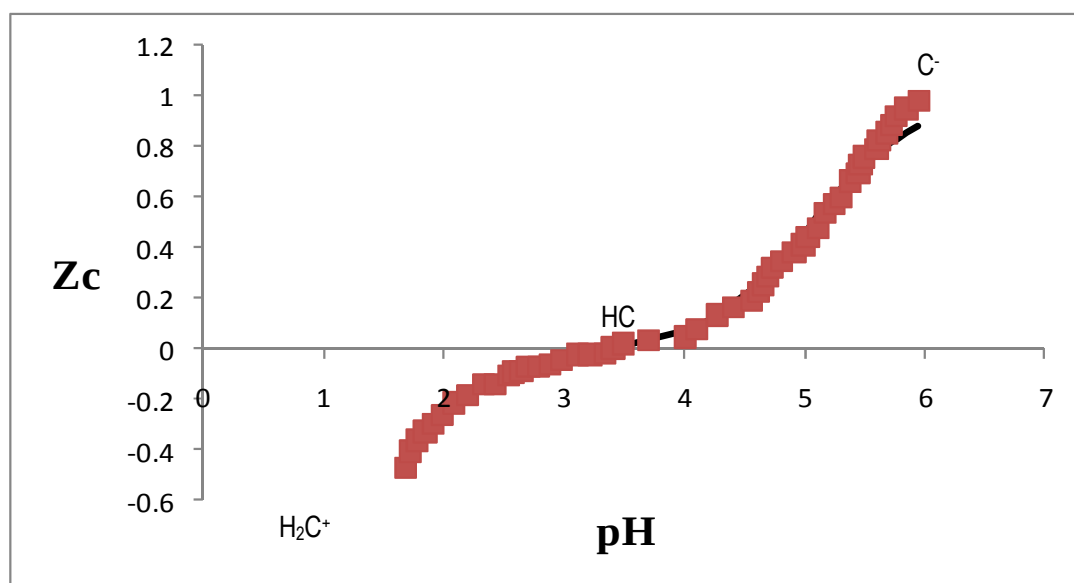


Figura 13. Gráfica de Z_c en función del pH obtenida para el sistema H^+ - HC en NaCl 1,0 M a 25°C .

Empleando los valores de la **tabla 16**, fue construido el diagrama de distribución de especies para este sistema, el cual se muestra en la **figura 14**.

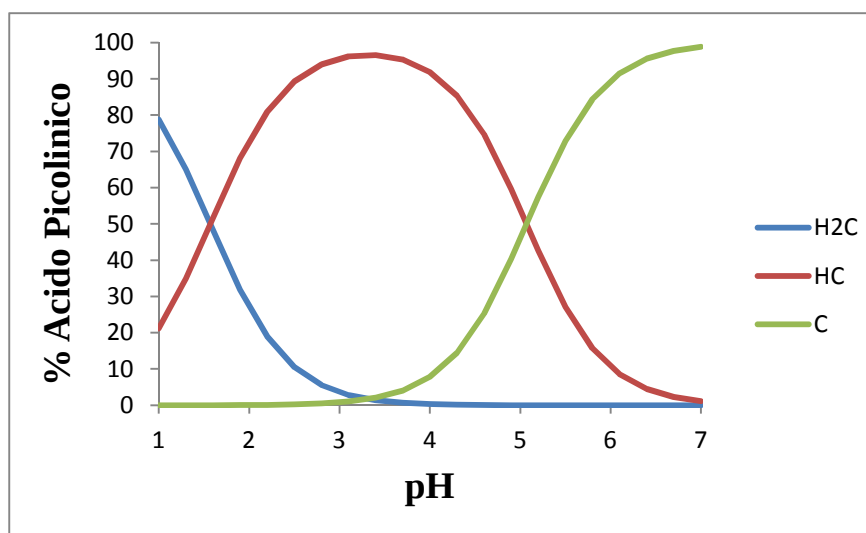


Figura 14. Diagrama de distribución para el sistema $\text{H}^+ - \text{HC}$ en NaCl 1,0 M a 25°C .

En esta figura se puede observar que a $\text{pH} < 3$ predomina la especie H_2C^+ , mientras que a pH entre 2-5 la especie predominante es HC y finalmente a $\text{pH} > 5$ predomina la especie C^- . Los puntos de inflexión entre las curvas representan los valores de pK_a dados en la **tabla 16**.

En la **tabla 17** se muestra a modo comparativo los valores de pK_a reportados en la bibliografía para el sistema $\text{H}^+ - \text{ácido picolínico}$, y los obtenidos en este trabajo.

Tabla 17. Valores comparativos de pK_a reportados en la bibliografía y los encontrados en este trabajo, para el sistema H^+ – ácido picolínico en medio iónico NaCl 1,0 M a 25°C .

pK_{a1}	pK_{a2}	Referencias
1,77(4)	5,24(5)	11
1,57(5)	5,07(3)	Este trabajo

Se observa que los valores obtenidos se encuentran en el mismo orden de los valores reportados en la bibliografía, la pequeña diferencia puede ser atribuida a errores experimentales.

5.2.2. Sistema H^+ - ácido aspártico, H_2L

El análisis de los datos del sistema H^+ - ácido aspártico, H_2L , fue realizado empleando el programa LETAGROP. Se calcularon los valores de pK_a , la **tabla 18**, y **figura 15** muestran los resultados obtenidos.

Tabla 18. Valores de pK_a hallados para el ácido aspártico en NaCl 1,0 M a 25°C.

REACCIÓN	pK_a
$H_3L^+ \rightleftharpoons H_2L + H^+$	2,24(3)
$H_2L \rightleftharpoons HL^- + H^+$	3,78(2)
$HL^- \rightleftharpoons L^{2-} + H^+$	9,57(2)
Dispersion $\sigma(Z_C)$	0,029

El primer valor de pK_a corresponde a la pérdida del protón del grupo carboxílico, el segundo y tercer valor corresponden a la pérdida del protón del grupo amino y del otro grupo carboxílico.

En la **figura 15** se muestran los valores de $Z_c(pH)$. Los puntos representan los datos experimentales y la curva de trazo continuo el modelo de especies correspondientes a la **tabla 18**. Se observa un excelente ajuste de los datos con el modelo propuesto, acorde con el valor de $\sigma(Z_c)$ obtenido.

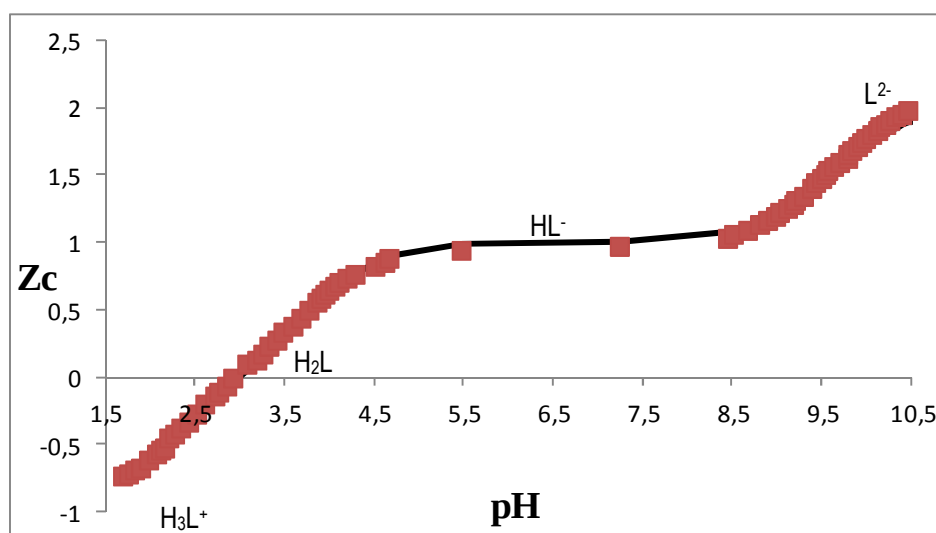


Figura 15. Gráfica de $Z_c(pH)$ obtenida para el sistema H^+ -ácido aspártico (H_2L) en $NaCl$ 1,0 M a $25^\circ C$.

Con los valores dados en la **tabla 18**, fue construido el correspondiente diagrama de distribución de especies, **figura 16**, de este sistema.

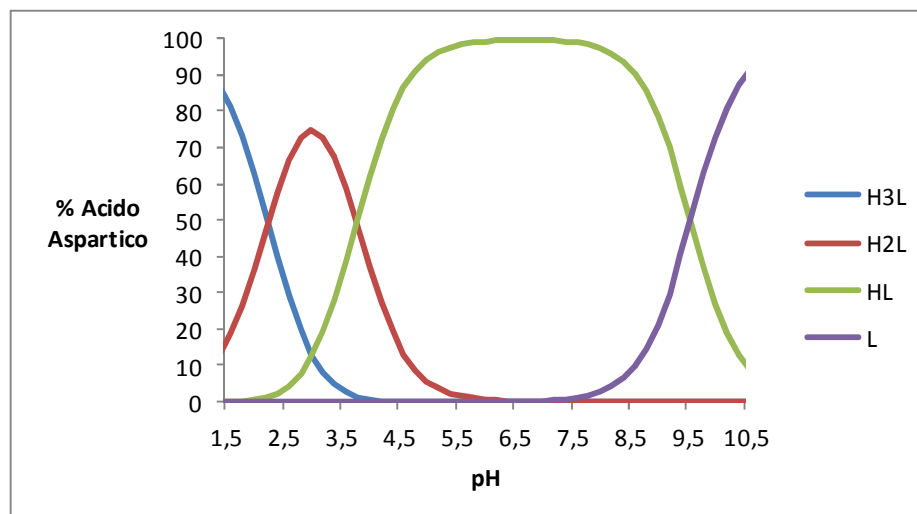


Figura 16. Diagrama de distribución para el sistema H^+ - ácido aspártico (H_2L) en NaCl 1,0 M a 25°C .

En la **figura 16** se observa que a $pH < 2$ predomina la especie H_3L^+ , mientras que a $pH \sim 3$ la especie predominante es H_2L . A partir de $pH \sim 5$ y hasta $pH \sim 9$ predomina la especie HL^- y finalmente a $pH > 10$ predomina la especie L^{2-} . De igual manera los puntos de inflexión en la gráfica representan los valores reportados de pK_a ; es decir, el punto entre el trazo rojo y el azul representa el primer valor de pK_a , el punto entre el trazo verde y rojo corresponde al valor de pK_{a2} y el punto entre los trazos verde y violeta representan el valor del pK_{a3} .

En la **tabla 19** se muestra a modo comparativo los valores de pK_a reportados en la bibliografía y los encontrados en este trabajo.

Tabla 19. Valores comparativos de pK_a reportados en la bibliografía y los encontrados en este trabajo, en NaCl 1,0 M a 25°C.

pK_{a1}	pK_{a2}	pK_{a3}	Ref.
2,08(3)	3,76(2)	9,39(4)	16
---	3,64*	---	17
1,76(3)	3,58(3)	9,47(5)	18
2,24(3)	3,78(2)	9,57(2)	Este trabajo

Se observa que los valores presentan diferencias entre sí, en particular el pK_{a1} .

5.2.3. Sistema H^+ - ácido glutámico, H_2L

Empleando el programa LETAGROP, fueron analizados los datos del sistema H^+ - ácido glutámico, H_2L , minimizando la función Z_C . Los resultados se muestran en la **tabla 20**.

Tabla 20. Valores de pK_a obtenidos en NaCl 1,0 y 25°C para el sistema H^+ - ácido glutámico (H_2L).

REACCIÓN	pK_a
$H_3L^+ \rightleftharpoons H_2L + H^+$	2,41(3)
$H_2L \rightleftharpoons HL^- + H^+$	4,22(2)
$HL^- \rightleftharpoons L^{2-} + H^+$	9,31(2)
Dispersión $\sigma(Z_C)$	0,029

El primer valor de pK_a se refiere a la pérdida del protón del grupo carboxílico correspondiente al aminoácido; mientras que el segundo y tercer valor de pK_a

corresponden a la pérdida del protón del grupo amino y del otro grupo carboxílico del ácido glutámico.

La **figura 17** muestra la gráfica $Z_c(\text{pH})$ correspondiente al sistema H^+ - ácido glutámico, donde los datos experimentales están representados por los puntos y el modelo por el trazo continuo, donde se puede observar un excelente ajuste entre los datos obtenidos y el modelo propuesto; lo cual se ve reflejado en el valor de $\sigma(Z_c)$.

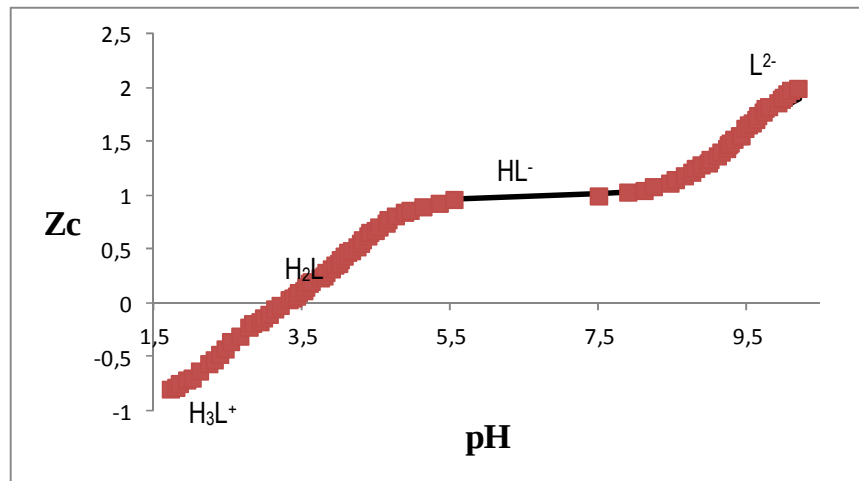


Figura 17. Gráfica de Z_c en función del pH para el sistema H^+ - ácido glutámico.

A partir de los valores dados en la **tabla 20**, fue construido el diagrama de distribución de especies de este sistema, **figura 18**.

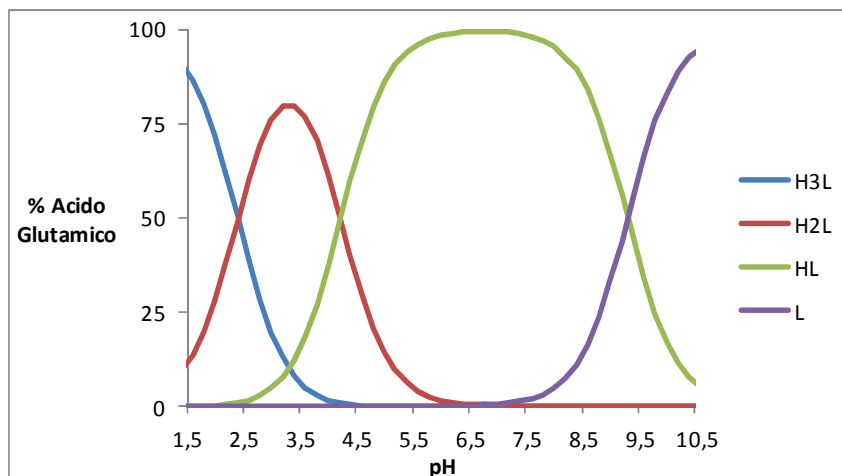


Figura 18. Diagrama de distribución correspondiente al sistema H^+ - ácido glutámico.

Puede observarse en la **figura 18** que a $pH < 2$ predomina la especie totalmente protonada H_3L^+ ; mientras que entre $pH = 2-4$ predomina la especie H_2L donde además el punto de inflexión (entre el trazo azul y el rojo) corresponde al primer valor de pK_a reportado. De $pH \sim 4$ a $pH \sim 9$ predomina la especie HL^- siendo el punto de inflexión (entre el trazo rojo y verde) el segundo valor de pK_a reportado; finalmente de $pH \sim 9$ en adelante predomina la especie totalmente desprotonada L^{2-} , donde el punto de inflexión entre los trazos violeta y verde representan el tercer valor de pK_a reportado.

De manera comparativa, la **tabla 21** muestra los valores de pK_a reportados en la bibliografía con los obtenidos en este trabajo.

Tabla 21. Valores comparativos de pK_a reportados en la bibliografía y los obtenidos en este trabajo en NaCl 1,0 M a 25°C para el sistema H^+ - ácido glutámico.

pK_{a1}	pK_{a2}	pK_{a3}	Ref.
2,27(3)	4,15(2)	9,36(4)	16
2,32(4)	4,15(3)	9,37(4)	21
2,39*	4,06*	9,50*	22
2,41(3)	4,22(2)	9,31(2)	Este trabajo

*errores no reportados

Se observa una buena correspondencia entre los valores obtenidos en este trabajo y los hallados en la bibliografía.

5.2.4. Sistema H^+ - cisteína, H_2L

Los datos fueron analizados de manera similar a los casos anteriores, empleando el programa LETAGROP. Fueron obtenidos los valores de pK_a del sistema H^+ – cisteína, H_2L en medio iónico NaCl 1,0 M a 25°C, **tabla 22**.

Tabla 22. Valores de pK_a hallados en NaCl 1,0 M a 25°C para el sistema H^+ – cisteína.

REACCIÓN	pK_a
$H_3L^+ \rightleftharpoons H_2L + H^+$	2,15(3)
$H_2L \rightleftharpoons HL^- + H^+$	8,44(2)
$HL^- \rightleftharpoons L^{2-} + H^+$	10,62(3)
Dispersión $\sigma(Z_C)$	0,028

El primer pK_a corresponde a la pérdida del protón del grupo carboxílico mientras que el segundo y el tercer valor de pK_a corresponden a la pérdida del protón del grupo carboxílico y del grupo amino.

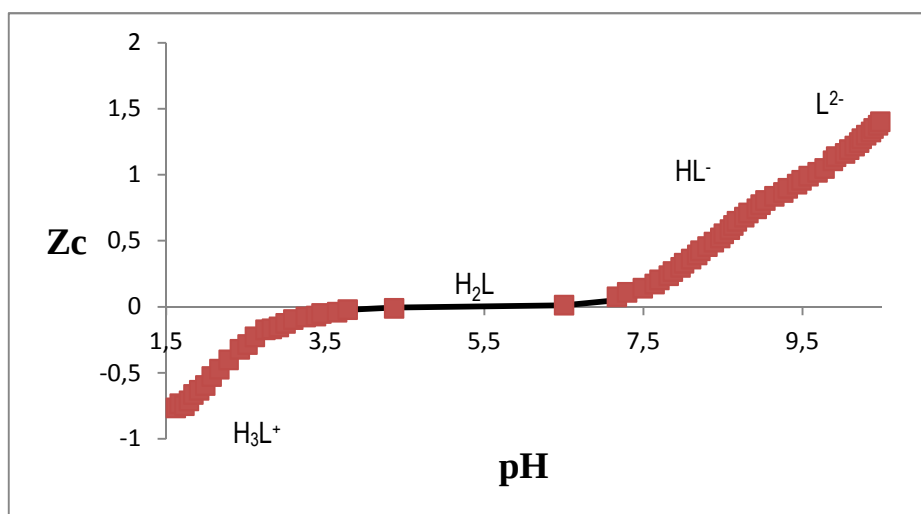


Figura 19. Gráfica de Z_c en función del pH obtenida para el sistema H^+ -cisteína.

En la **figura 19** se muestran los datos $Z_c(pH)$, donde Z_c se refiere al número medio de protones disociados por mol de ligando. La curva de trazo continuo representa el modelo propuesto y los puntos representan los datos experimentales; puede notarse un ajuste excelente entre dichos puntos experimentales y el modelo, lo cual corresponde al valor de dispersión obtenido.

Con los valores dados en la **tabla 22**, fue construido el diagrama de distribución de especies, **figura 20**.

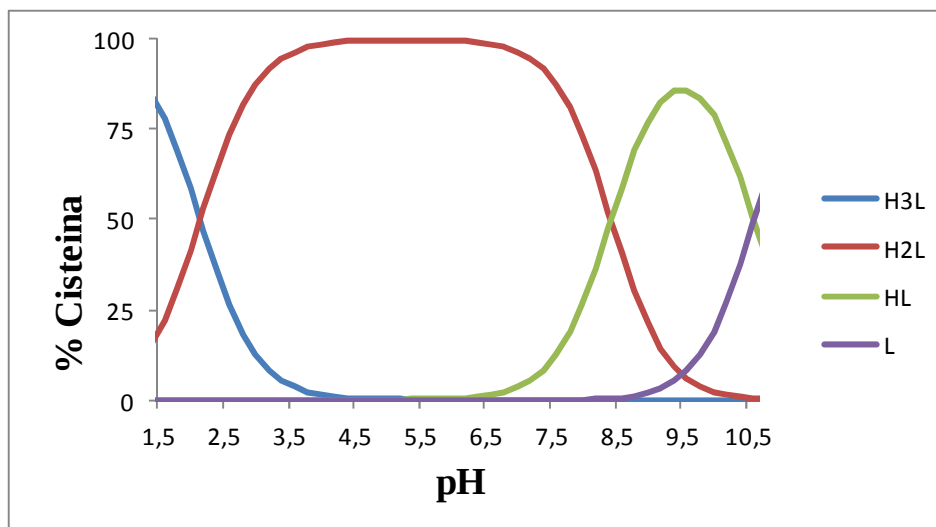


Figura 20. Diagrama de distribución para el sistema H⁺-cisteína.

Se observa (**figura 20**) que a pH < 2 predomina la especie totalmente protonada H₃L⁺; mientras que entre pH= 2-8 predomina la especie H₂L donde además el punto de inflexión (entre el trazo azul y el rojo) corresponde al primer valor de pK_a, mientras que el punto de inflexión (entre el trazo rojo y verde) es el segundo valor de pK_a. Entre pH= 9-10 predomina la especie HL⁻; finalmente a partir de pH~10,5 predomina la especie totalmente desprotonada L²⁻, siendo representado el tercer valor de pK_a por el punto de inflexión entre los trazos verde y violeta.

A manera comparativa se muestran en la **tabla 23** los valores de pK_a para el sistema H⁺-cisteína reportados en la bibliografía y los hallados en este trabajo.

Tabla 23. Valores comparativos de pK_a reportados en la bibliografía y los encontrados en este trabajo, en NaCl 1,0 M a 25°C.

pK_{a1}	pK_{a2}	pK_{a3}	ref.
1,98(7)	8,50(6)	11,0(1)	16
2,05(3)	8,11(3)	9,86(4)	21
2,04	8,22*	10,26*	23
2,15(3)	8,44(2)	10,62(3)	Este trabajo

*errores no reportados

Se puede observar que los valores de pK_a encontrados en este trabajo son del mismo orden de magnitud de los reportados en la bibliografía.

5.2.5. Sistema H^+ -histidina, HL

Empleando el programa LETAGROP, fueron analizados los datos del sistema H^+ - histidina, HL, minimizando la función Z_C . Los resultados se muestran en la **tabla 24** y **figura 21**.

Tabla 24. Valores de pK_a obtenidos para el sistema H^+ -histidina en NaCl 1,0 M a 25°C.

REACCIÓN	pK_a
$H_3L^{+2} \rightleftharpoons H_2L^+ + H^+$	2,50(4)
$H_2L^+ \rightleftharpoons HL + H^+$	6,25(3)
$HL \rightleftharpoons L^- + H^+$	8,85(5)
Dispersión $\sigma(Z_C)$	0,045

El primer valor de pK_a corresponde a la desprotonación del grupo carboxílico; el segundo y tercer valor de pK_a está referido a la pérdida del protón del grupo amino que se encuentra en el carbono alfa y a la pérdida del protón que forma parte del anillo imidazol.

En la **figura 21** se muestra la gráfica de $Z_c(pH)$ obtenida para el sistema H^+ -histidina, donde el trazo continuo corresponde al modelo y los puntos corresponden a los datos experimentales, pudiéndose observar un buen ajuste entre dichos datos y el modelo.

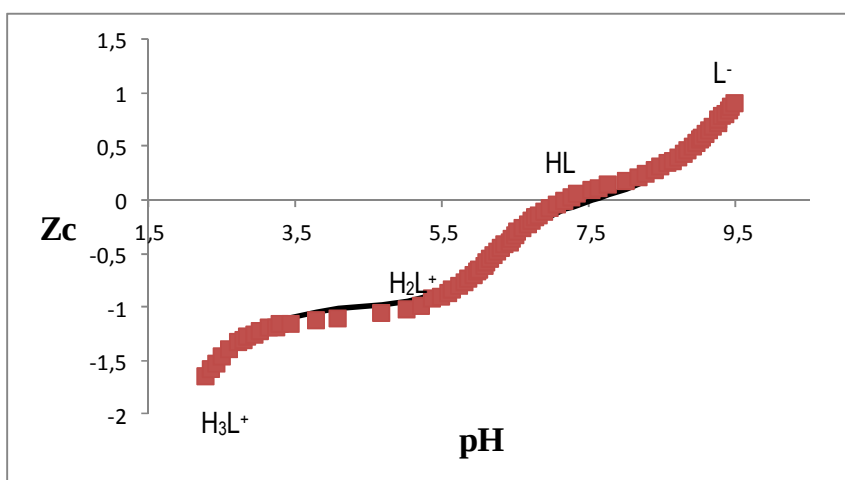


Figura 21. Gráfica de $Z_c(pH)$ obtenida para el sistema H^+ -histidina.

A partir de los datos dados en la **tabla 24**, fue construido el diagrama de distribución de especies, **figura 22**.

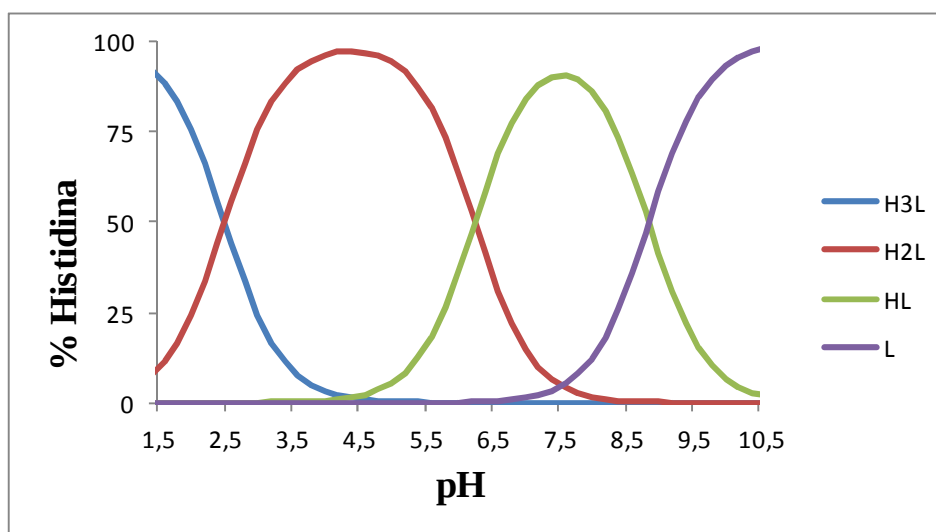


Figura 22. Diagrama de distribución obtenido para el sistema H⁺-histidina en NaCl 1,0 M a 25°C.

Se puede observar en el diagrama que a pH<2 la especie predominante es H₃L⁺ (donde el grupo amino del carbono alfa se encuentra protonado); mientras que entre pH=2-6 predomina la especie H₂L⁺ (en la cual el grupo amino del imidazol se encuentra protonado). Entre pH=6-9 predomina la especie HL. De pH=9 en adelante predomina la especie L⁻ (especie totalmente desprotonada). Los puntos de inflexión entre los trazos azul y rojo; rojo y verde; verde y violeta representan los valores de pKa₁, pKa₂ y pKa₃, respectivamente.

En la **tabla 25** se muestra de manera comparativa los valores de pK_a reportados en la bibliografía y los obtenidos en este trabajo, en las mismas condiciones experimentales.

Tabla 25. Valores comparativos de pK_a reportados en la bibliografía y los encontrados en este trabajo, en NaCl 1,0 M a 25°C.

pK_{a1}	pK_{a2}	pK_{a3}	Ref.
2,21(2)	6,33(1)	9,08(2)	16
2,50(5)	6,26(7)	9,06(7)	21
2,50(5)	6,25(3)	8,85(5)	Este trabajo

Se observa una buena correspondencia entre los valores de pK_a hallados en este trabajo y los valores reportados en la bibliografía.

5.3. Sistemas H^+ -ácido picolínico-Ni(II)-aminoácido

Para el estudio de los sistemas H^+ -ácido picolínico-Ni(II)-aminoácido, los datos fueron analizados mediante el programa computacional de mínimos cuadrados LETAGROP, minimizando las funciones [8].

5.3.1. Sistema H^+ - ácido picolínico (HC)- Ni(II)- ácido aspártico (H_2L)

El análisis de los datos del sistema H^+ -Ni(II)-ácido picolínico-ácido aspártico fue realizado empleando el programa LETAGROP, minimizando la función Z_B , donde ésta representa número de moles disociados de protones por mol de Ni(II), **figura 23**. Fueron empleadas varias relaciones **R**. El modelo que mejor ajusto los datos experimentales se muestra en la **tabla 26**.

Tabla 26. Constantes de formación $\log \beta_{pqrs}$ de los complejos hallados para el sistema H^+ - ácido picolínico (HC)- $Ni(II)$ - ácido aspártico (H_2L) en NaCl 1,0 M a 25°C.

Reacción	$\log \beta_{pqrs}$ Z_B
$Ni^{2+} + HC + H_2L \rightleftharpoons [NiCH_2L]^+ + H^+$	5,40(7)
$Ni^{2+} + HC + H_2L \rightleftharpoons NiCHL + 2H^+$	2,08(7)
$Ni^{2+} + HC + H_2L \rightleftharpoons [NiCL]^- + 3H^+$	-3,95(6)
$Ni^{2+} + HC + H_2L \rightleftharpoons [NiCL(OH)]^{2-} + 4H^+$	-14,6(3)
Dispersión (σ)	0,097

En la **figura 23** se muestra el gráfico de $Z_B(pH)$, para diferentes relaciones **R**. La línea de trazo continuo corresponde al modelo y los puntos corresponden a los datos experimentales; puede observarse buen ajuste entre el modelo teórico propuesto, **tabla 26**, y los datos experimentales. Se observa que las curvas se superponen a $pH \leq 4$ independientemente de la relación empleada, a $pH \geq 4$ las curvas se separan debido a la pérdida sucesiva de 2, 3 y 4 protones favoreciendo la formación de los complejos $NiCHL$, $[NiCL]^-$ y la hidroxoespecie $[NiCL(OH)]^{2-}$ presente a $pH > 10$.

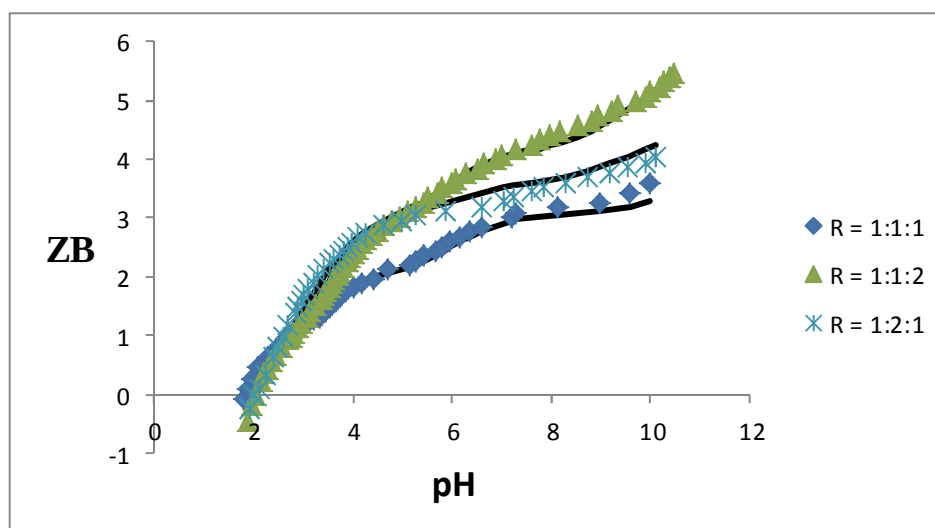
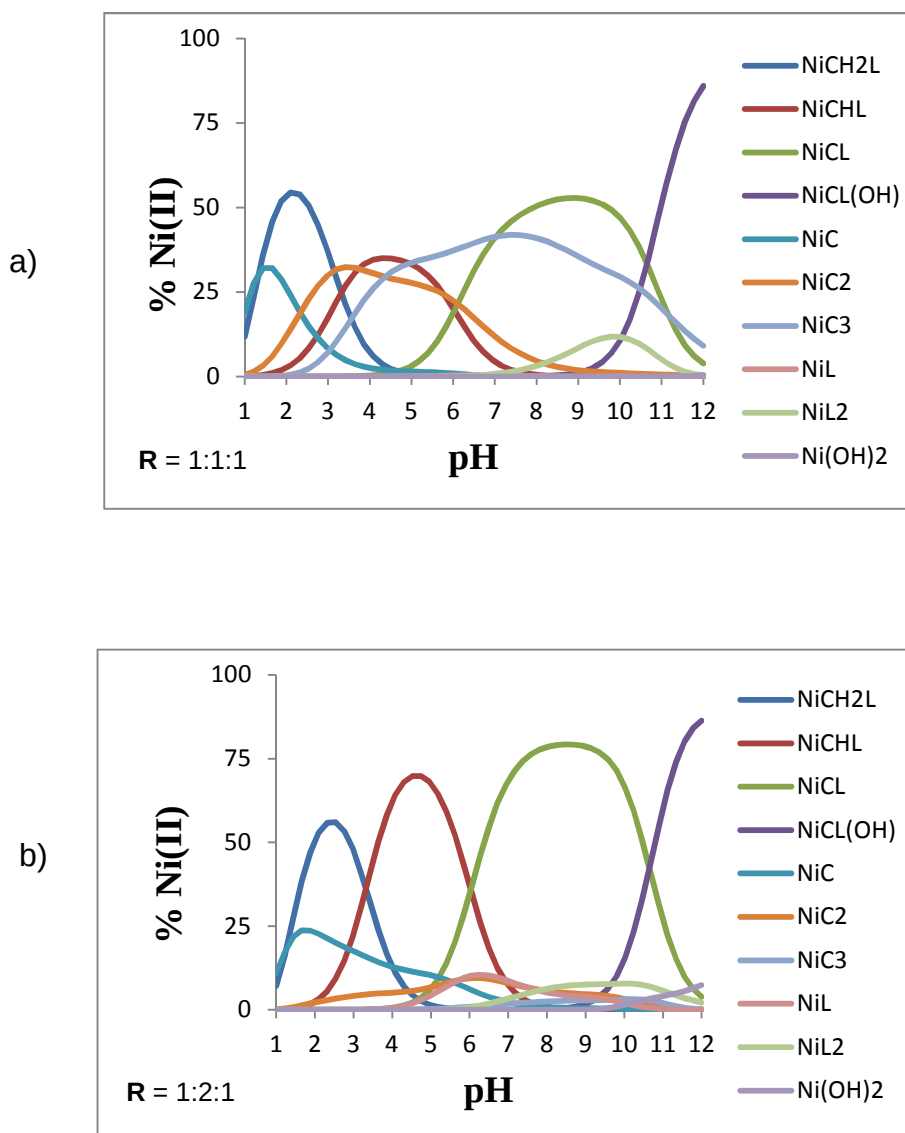


Figura 23. Gráfica de Z_B en función del pH del sistema H^+ - ácido picolínico – $Ni(II)$ - ácido aspártico para las diferentes relaciones **R** (NaCl 1,0 M a 25°C).

A partir de los datos que aparecen en la **tabla 26**, fueron construidos los diagramas de distribución de especies para cada una de las relaciones **R** utilizadas, **figura 24**.



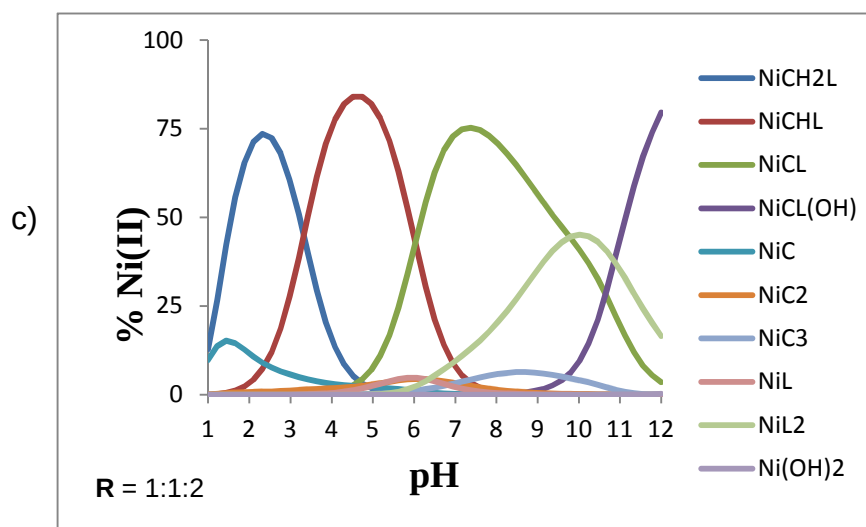


Figura 24. Diagramas de distribución de especies del sistema H^+ - ácido picolínico (HC) – ácido aspártico (H_2L) para las diversas relaciones R; a) 1:1:1; b) 1:2:1 y c) 1:1:2.

En la **figura 24a** se puede notar que desde $\text{pH} \sim 1$ hasta $\text{pH} \sim 4$ predomina la especie $[\text{NiCH}_2\text{L}]^+$, donde el níquel se encuentra coordinado a ambos ligandos sin formar anillo quelato, en este caso se propone que el ácido picolínico está completamente desprotonado, mientras que el ácido aspártico mantiene sus dos protones (H_2L), **figura 25a**. En el intervalo $4 \leq \text{pH} \leq 6$, la especie predominante es $[\text{NiCHL}]$, donde el ácido aspártico ha perdido un protón y forma un anillo de 5 miembros. Entre $\text{pH} 6$ y 10 , predomina la especie $[\text{NiCL}]$, en esta ambos ligandos se encuentran totalmente desprotonados y existe la posibilidad que se formen dos anillos de cinco miembros. Finalmente a $\text{pH} > 10$ se favorece la formación de la hidroxoespecie $[\text{NiCLOH}]^{2-}$.

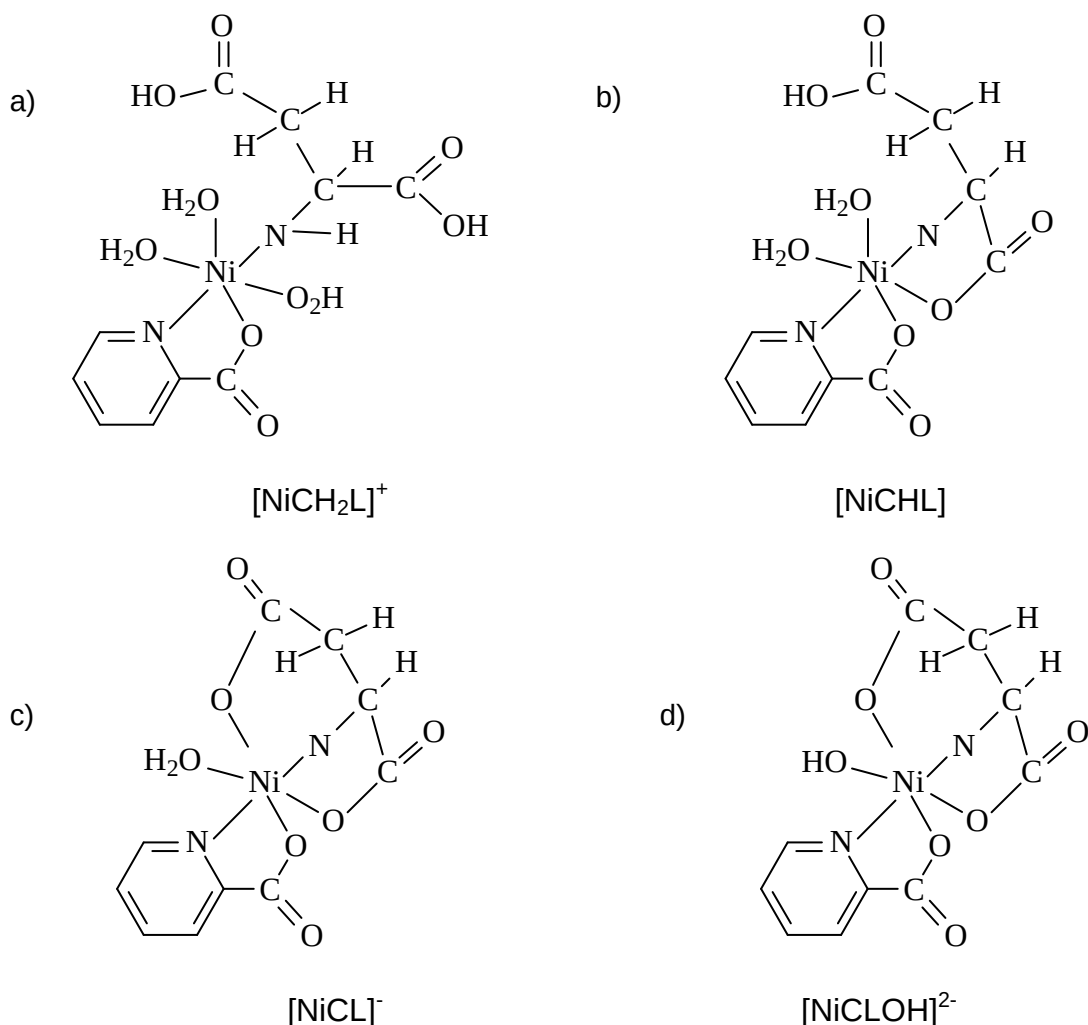


Figura 25. Estructuras propuestas de los complejos [NiCH₂L]⁺, [NiCHL], [NiCL]⁻ y [NiCLOH]²⁻, del sistema ternario H⁺-Ni(II)-ácido picolínico-ácido aspártico.

Al aumentar la relación **R**, de 1:1:1 a 1:2:1 a 1:1:2, todos los complejos aumentan su proporción, excepto la hidroxoespecie que mantiene su proporción prácticamente sin modificar, **figuras 24b y 24c**.

En los diagramas de distribución también se muestran las especies de Ni-ácido picolínico y Ni-ácido aspártico, se observa que para **R** = 1:1:1 son abundantes las especies [NiC]⁺, NiC₂ y [NiC₃]⁻ y NiL, [NiL₂]²⁻ **figura 24a**, y **24b**, al pasar a **R** = 1:1:2 todas las concentraciones disminuyen, **figura 24c**.

5.3.2. H^+ - ácido picolínico (HC)- Ni(II)- ácido glutámico

El análisis de los datos del sistema H^+ -Ni(II)-ácido picolínico-ácido glutámico fue realizado empleando el programa LETAGROP, minimizando la función Z_B , donde ésta representa número de moles disociados de protones por mol de Ni(II), **figura 26**. Fueron empleadas varias relaciones **R**. El modelo que mejor ajusto a los datos experimentales se muestra en la **tabla 27**.

Tabla 27. Constantes de formación $\log \beta_{pqrs}$ de los complejos hallados para el sistema H^+ - ácido picolínico (HC)- Ni(II)- ácido glutámico (H_2L) en NaCl 1,0 M a 25°C.

Reacción	$\log \beta_{pqrs}$ Z_B
$Ni^{2+} + HC + H_2L \rightleftharpoons [NiCH_2L]^+ + H^+$	4,9(1)
$Ni^{2+} + HC + H_2L \rightleftharpoons NiCHL + 2H^+$	0,98(9)
$Ni^{2+} + HC + H_2L \rightleftharpoons [NiCL]^- + 3H^+$	-5,6(1)
$Ni^{2+} + HC + H_2L \rightleftharpoons [NiCL(OH)]^{2-} + 4H^+$	-14,7(2)
Dispersión (σ)	0,126

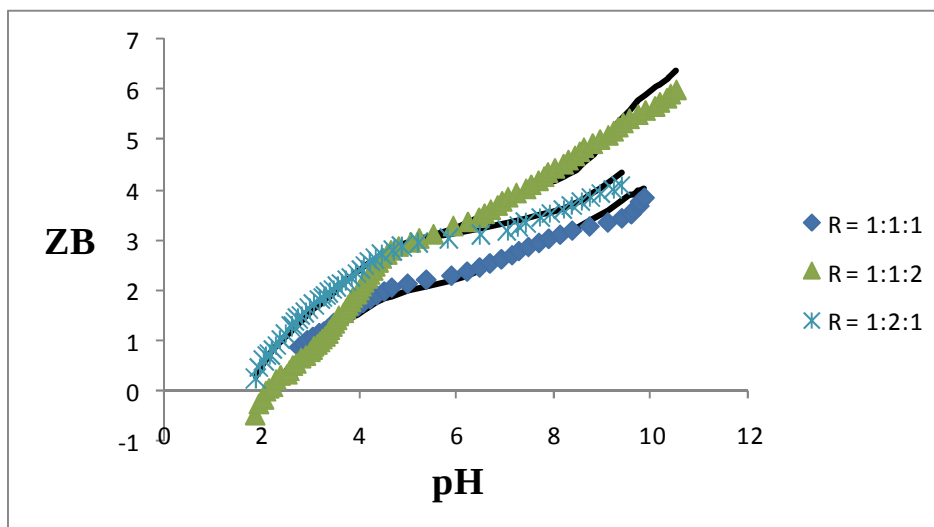


Figura 26. Gráfica de Z_B en función del pH del sistema H^+ - ácido picolínico –Ni(II)- ácido glutámico para las diferentes relaciones **R** (NaCl 1,0 M a 25°C).

En la **figura 26** se muestra el gráfico de $Z_B(pH)$, para diferentes relaciones **R**. La línea de trazo continuo corresponde al modelo y los puntos corresponden a los datos experimentales; puede observarse buen ajuste entre el modelo teórico propuesto, **tabla 27**, y los datos experimentales. Se observa que las curvas para las relaciones **R** = 1:1:1 y 1:2:1 se separan a lo largo de todo el intervalo de pH empleado en el estudio de este sistema. Para el caso donde hay un exceso de ligando, **R** = 1:1:2, la curva muestra una tendencia a valores altos de Z_B , lo que favorece la formación de los complejos ternarios $[NiCH_2L]^+$, $NiCHL$, $[NiCL]^-$ y $[NiCL(OH)]^{2-}$.

A partir de los datos que aparecen en la **tabla 27**, fueron contruidos los diagramas de distribución de especies para cada una de las relaciones **R** utilizadas, **figura 27**.

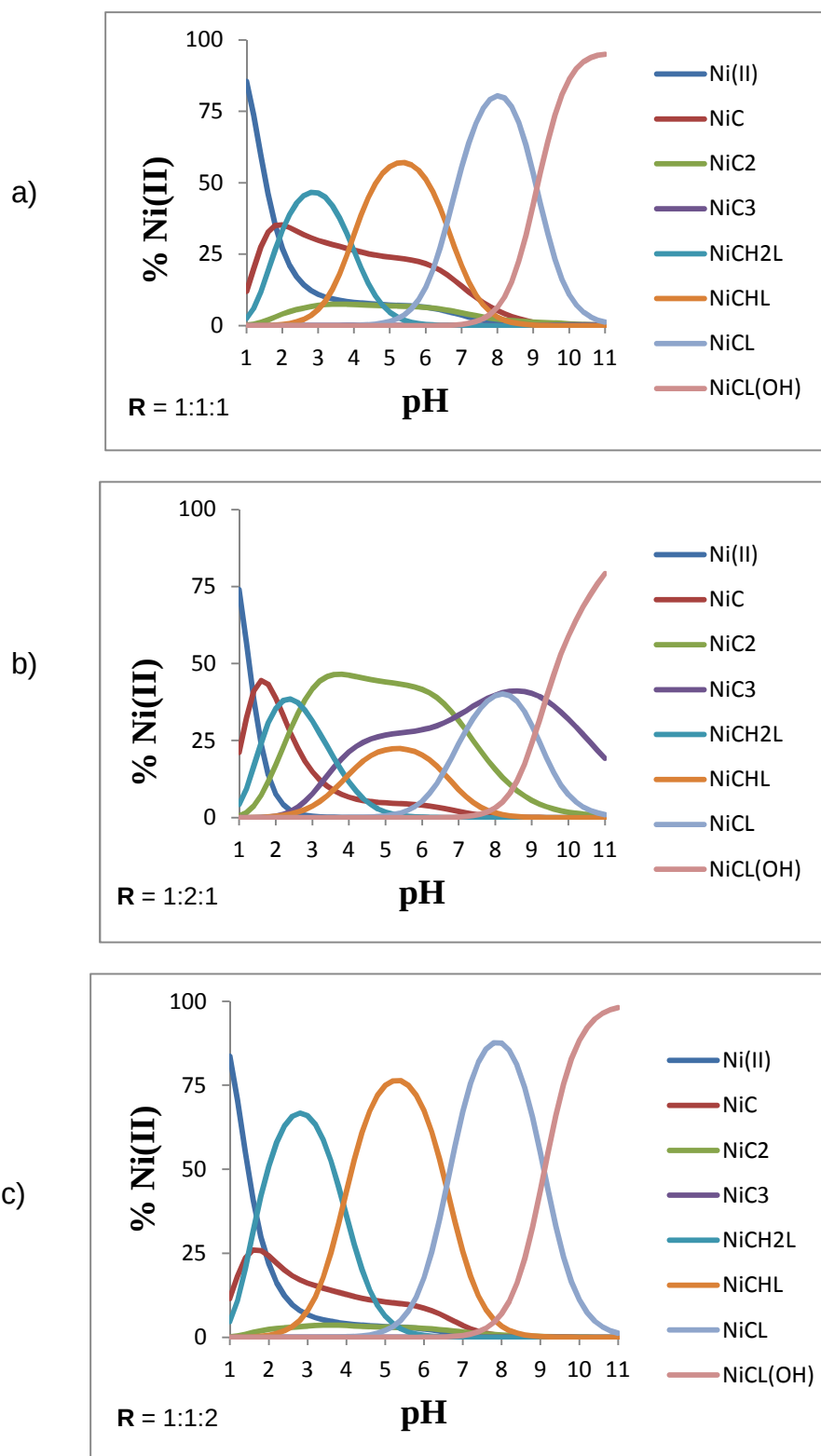


Figura 27. Diagramas de distribución de especies del sistema H^+ - ácido picolínico (HC) – ácido glutámico (H_2L) para las diversas relaciones **R**; a) 1:1:1; b) 1:2:1 y c) 1:1:2.

En la **figura 27a** se observa la abundancia de todas las especies $[\text{NiCH}_2\text{L}]^+$, NiCHL , $[\text{NiCL}]^-$ y $[\text{NiCL}(\text{OH})]^{2-}$, **figura 28**. Al aumentar la concentración de picolínico, $\text{R} = 1:2:1$, disminuyen las concentraciones de los complejos ternarios y vuelven a aumentar al pasar a $\text{R} = 1:1:2$.

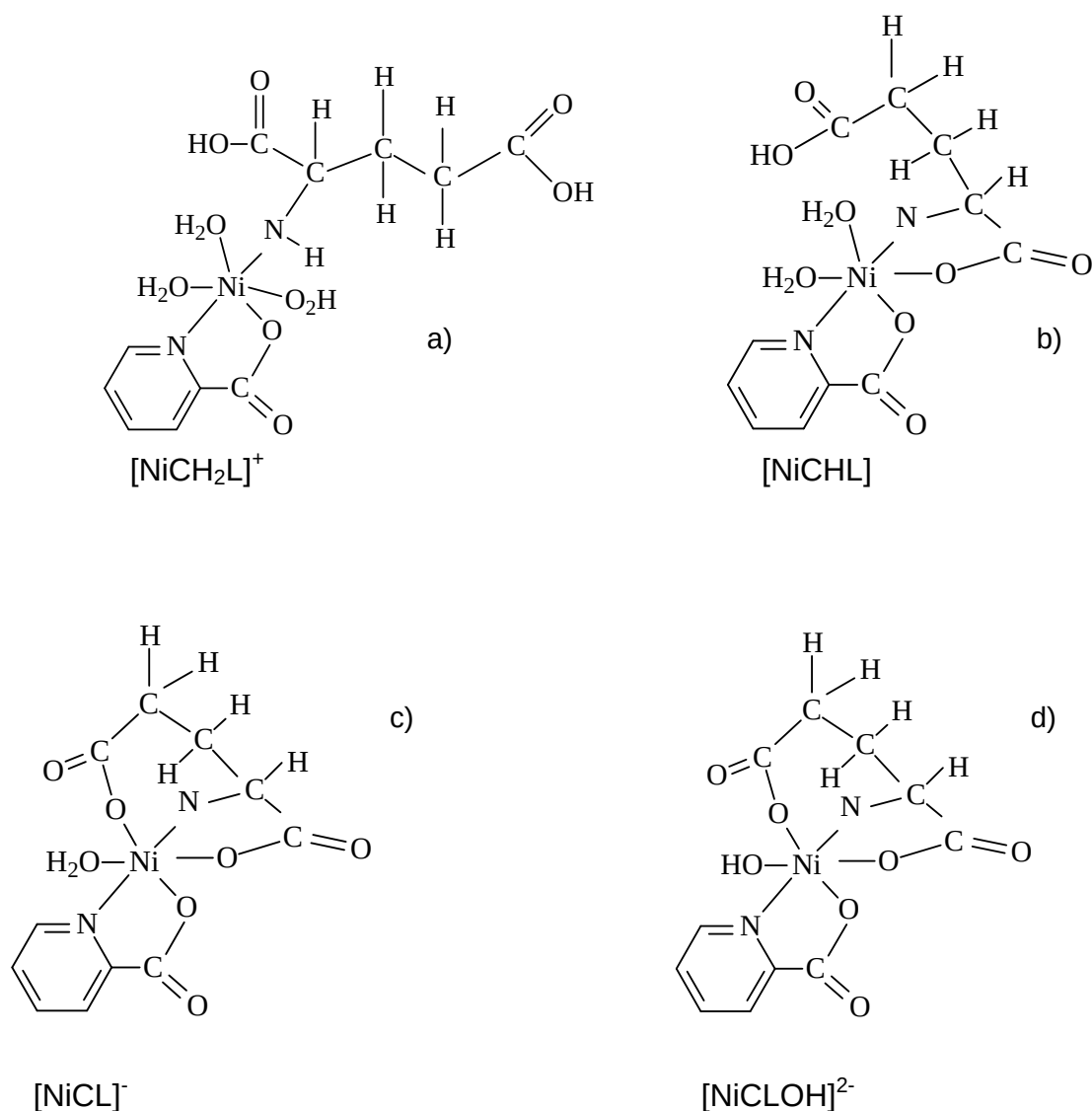


Figura 28. Estructuras propuestas de los complejos $[\text{NiCH}_2\text{L}]^+$, $[\text{NiCHL}]$, $[\text{NiCL}]^-$ y $[\text{NiCLOH}]^{2-}$, del sistema ternario H^+ -Ni(II)-ácido picolínico-ácido glutámico.

En la **figura 27**, se observa que en el intervalo $2 \leq \text{pH} \leq 8$, la especie predominante es NiCHL , entre pH 6 y 10, predomina la especie $[\text{NiCL}]^-$, a $\text{pH} > 10$ se favorece la formación de la hidroxoespecie $[\text{NiCLOH}]^{2-}$. Este comportamiento es similar al del sistema ternario H^+ -Ni(II)-ácido picolínico-ácido aspártico.

Al igual que en sistema anterior, en los diagramas de distribución también se muestran las especies de Ni-ácido picolínico y Ni-ácido glutámico, se observa que para $R = 1:1:1$ son abundantes las especies $[\text{NiC}]^+$, NiC_2 y $[\text{NiC}_3]^-$ y NiL , $[\text{NiL}_2]^{2-}$ **figura 27a**, y **27b**, al pasar a $R = 1:1:2$ todas las concentraciones disminuyen, **figura 27c**.

5.3.3. Sistema H^+ - ácido picolínico (HC) - Ni(II)- cisteína (H_2L)

Los datos experimentales de este sistema fueron analizados empleando el programa de mínimos cuadrados LETAGROP, la **tabla 28** muestra el modelo que mejor ajusto los datos experimentales, minimizando la función Z_B .

Tabla 28. Constantes de formación $\log \beta_{pqrs}$ de los complejos ternarios del sistema H^+ - ácido picolínico (HC)- Ni(II)- cisteína (H_2L) en NaCl 1,0 M a 25°C.

Reacción	$\log \beta_{pqrs}$ Z_B
$\text{Ni}^{2+} + \text{HC} + \text{H}_2\text{L} \rightleftharpoons [\text{NiCH}_2\text{L}]^+ + \text{H}^+$	4,78(6)
$\text{Ni}^{2+} + \text{HC} + \text{H}_2\text{L} \rightleftharpoons [\text{NiCL}]^- + 3\text{H}^+$	-6,63(5)
Dispersión (σ)	0,109

La **figura 29**, muestra la función $Z_B(\text{pH})$, obtenida para las diferentes relaciones R empleadas, 1:1:1, 1:2:1 y 1:1:2.

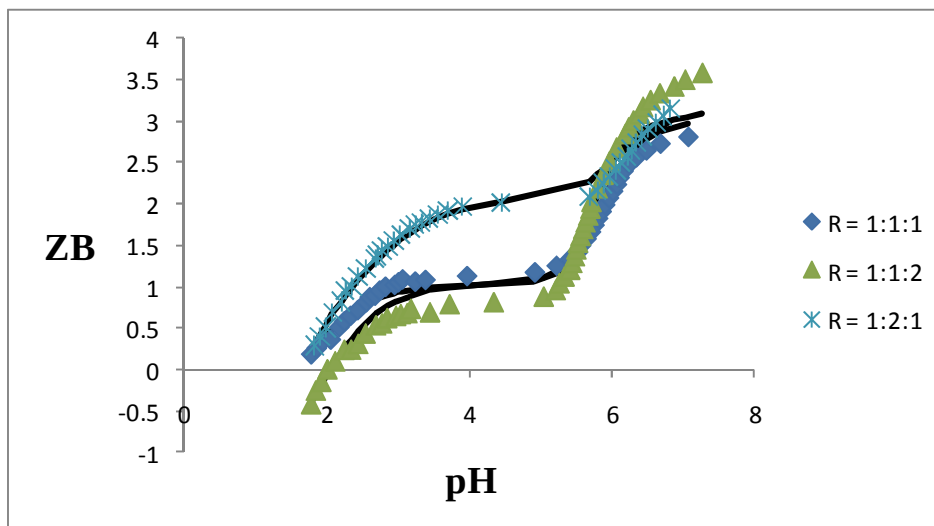


Figura 28. Función $Z_B(\text{pH})$ del sistema H^+ - ácido picolínico –Ni(II)- cisteína para las diferentes relaciones R (NaCl 1,0 M a 25°C).

Los puntos representan los datos experimentales y la curva de trazado continuo, el modelo de especies propuesto, en este caso solo fueron dos complejos $[\text{NiCH}_2\text{L}]^+$ y $[\text{NiCL}]^-$, dado en la **tabla 28**. Se observa que las relaciones 1:1:1 y 1:1:2 tienen la misma tendencia, sin embargo para la relación 1:2:1 la curva se separa de las anteriores.

A partir de las constantes de formación, **tabla 28**, fueron construidos los correspondientes diagramas de distribución de especies, **figuras 29**.

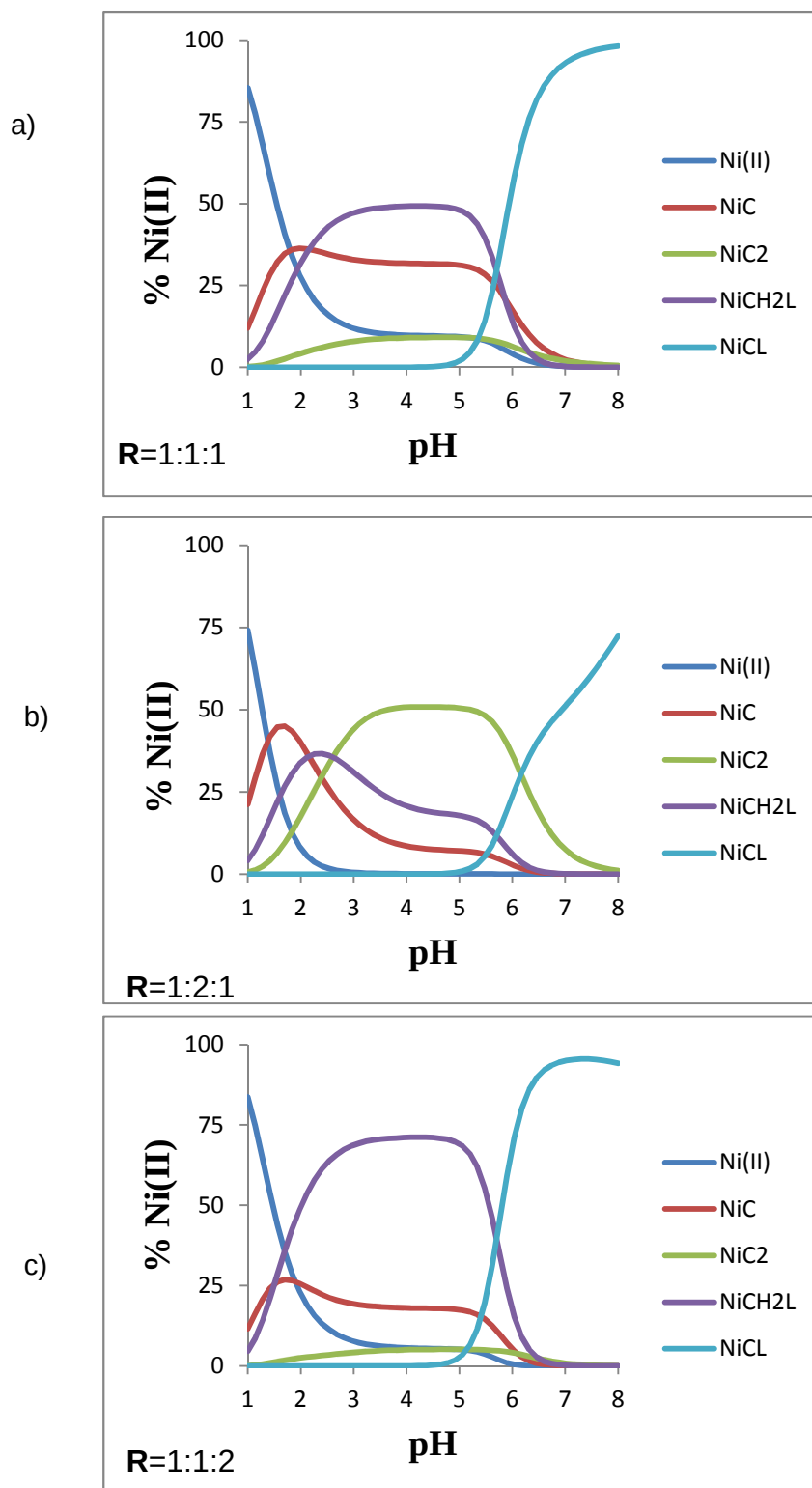


Figura 29. Diagramas de distribución de especies del sistema H^+ - ácido picolínico (HC) – cisteína (H_2L) para las diversas relaciones R ; a) 1:1:1; b) 1:2:1 y c) 1:1:2.

Puede observar en la **figura 29a** que existe una proporción importante de las especies $[\text{NiC}]^+$, NiC_2 y $[\text{NiCH}_2\text{L}]^+$ en el intervalo de $1 \leq \text{pH} \leq 6$, mientras que a partir de $\text{pH} \sim 6$ en adelante predomina la especie $[\text{NiCL}]^-$. En la **figura 29b** ($R = 1:2:1$), las proporciones de las especies $[\text{NiCH}_2\text{L}]^+$ y $[\text{NiCL}]^-$ (cuyas estructuras se muestran en la **figura 30**) disminuyen, mientras que la especie NiC_2 presenta un aumento considerable. Para la relación donde hay mayor concentración de cisteína ($R = 1:1:2$) se presenta un aumento en la proporción de las especies $[\text{NiCH}_2\text{L}]^+$ y $[\text{NiCL}]^-$, así como también una disminución en la proporción de la especie $[\text{NiC}]^+$ y NiC_2 .

En este caso no hay formación de ninguna hidroxoespecie, a diferencia de los casos anteriores.

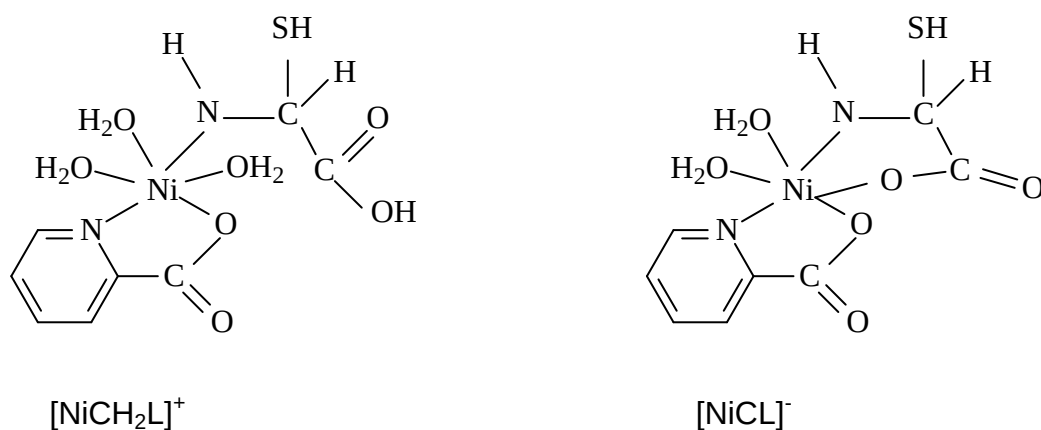


Figura 30. Estructuras propuestas de los complejos $[\text{NiCH}_2\text{L}]^+$, y $[\text{NiCL}]^-$, del sistema ternario H^+ -Ni(II)-ácido picolínico-cisteína.

5.3.4. Sistema H^+ - ácido picolínico (HC)- Ni(II)- histidina (HL)

Para el análisis de los datos de este sistema ternario, al igual que los casos antes citados, fue empleado también el programa LETAGROP, minimizando la función $Z_B(\text{pH})$, el modelo de especies con mejor ajuste y sus constantes de formación, se muestran en la **tabla 29**.

Tabla 29. Constantes de formación $\log \beta_{pqrs}$ de los complejos ternarios del sistema H^+ - ácido picolínico (HC)- Ni(II)- histidina (HL) en NaCl 1,0 M a 25°C.

Reacción	$\log \beta_{pqrs}$ Z_B
$Ni^{2+} + HC + HL \rightleftharpoons [NiHCHL]^{2+}$	10,41(9)
$Ni^{2+} + HC + HL \rightleftharpoons NiCL + 2H^+$	0,62(5)
$Ni^{2+} + HC + HL + H_2O \rightleftharpoons [NiCL(OH)]^- + 3H^+$	-10,1(1)
Dispersión (σ)	0,066

La **figura 31**, muestra la función $Z_B(pH)$, para las diversas relaciones R empleadas. Se observa un buen ajuste de los datos experimentales con el modelo propuesto (línea de trazo continuo).

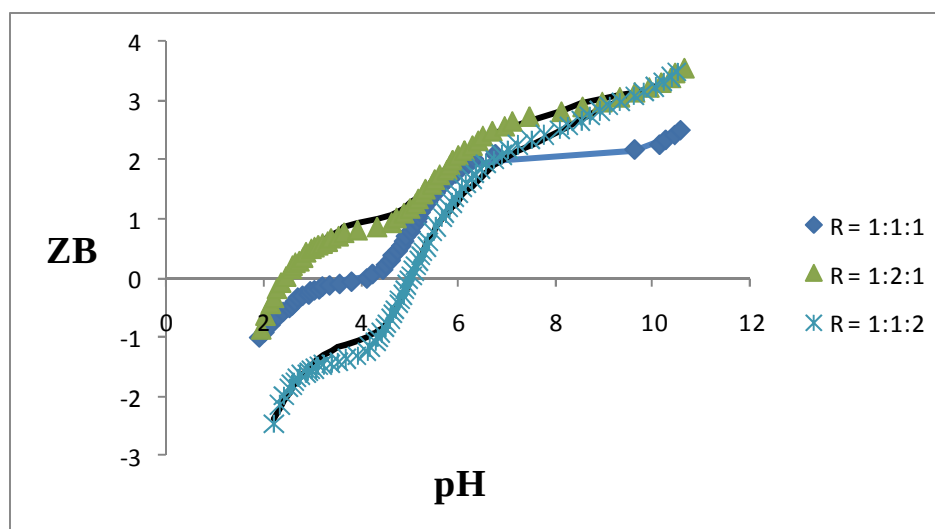
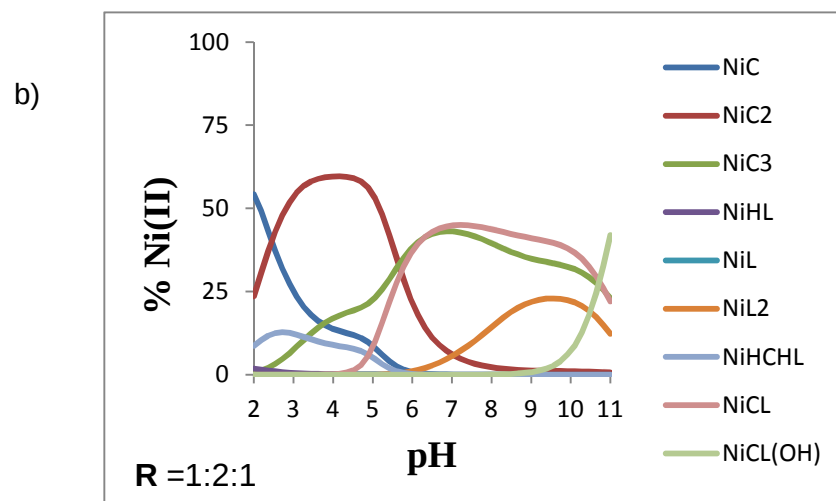
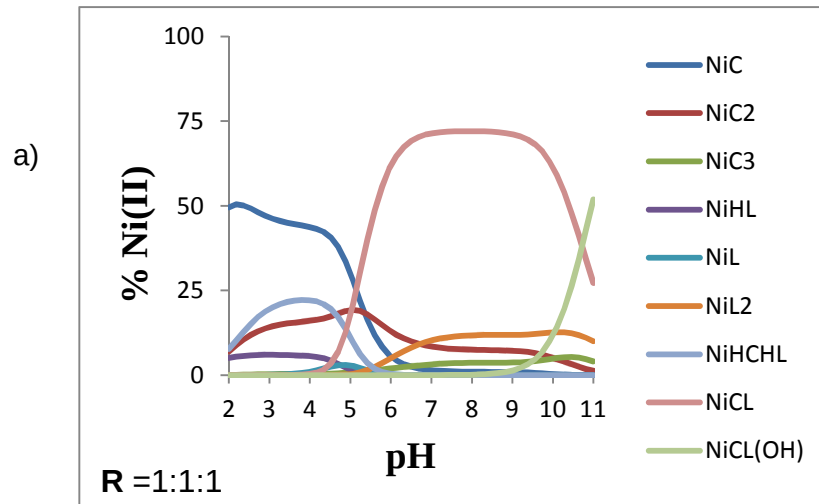


Figura 31. Función $Z_B(pH)$ del sistema H^+ - ácido picolínico –Ni(II)- histidina para las diferentes relaciones **R** (NaCl 1,0 M a 25°C).

Se observa que a pH ácidos, las curvas se separan y hay una ligera tendencia a separarse a $pH > 6$. A partir de los datos de la **tabla 29**, fueron construidos los

correspondientes diagramas de distribución de especies de cada una de las relaciones empleadas.



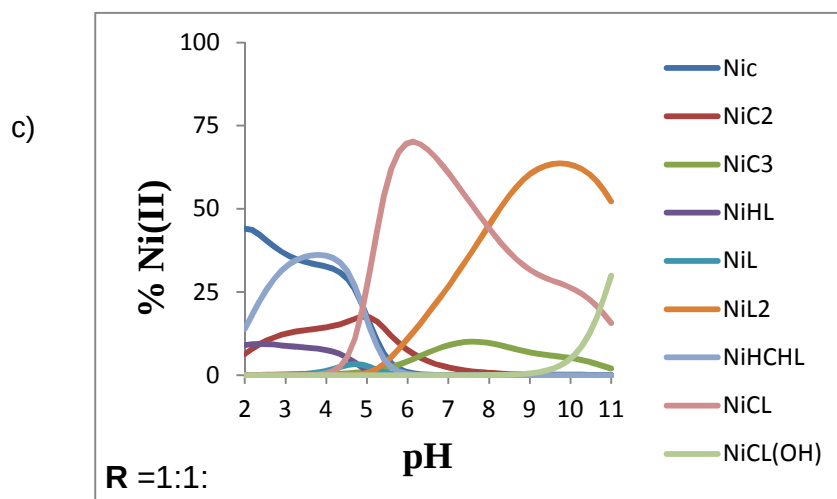


Figura 32. Diagramas de distribución de especies del sistema H^+ - ácido picolínico (HC) – histidina (HL) para las diversas relaciones R ; a) 1:1:1; b) 1:2:1 y c) 1:1:2.

En la **figura 32a** puede observarse que entre $pH \sim 2$ hasta $pH \sim 5$ predomina la especie $[NiC]^+$, desde $pH \sim 5,5$ hasta $pH \sim 10$ predomina la especie $[NiCL]$ y de $pH \sim 10,5$ en adelante predomina la especie $[NiCL(OH)]^-$. Se observa además que las demás especies involucradas se encuentran en bajas proporciones. La **figura 32b** muestra la disminución de las proporciones de las especies $[NiC]^+$, $[NiCL]$ y $[NiCL(OH)]^-$; mientras que se observa un aumento considerable en la proporción de las especies $[NiC_2]$, $[NiC_3]^-$ y $[NiL_2]$. En cuanto a la **figura 30c** se observa un importante aumento en la proporción de la especie $[NiHCHL]^{2+}$ y de la especie $[NiL_2]$.

La **figura 33**, muestra las posibles estructuras de las especies formadas en este sistema.

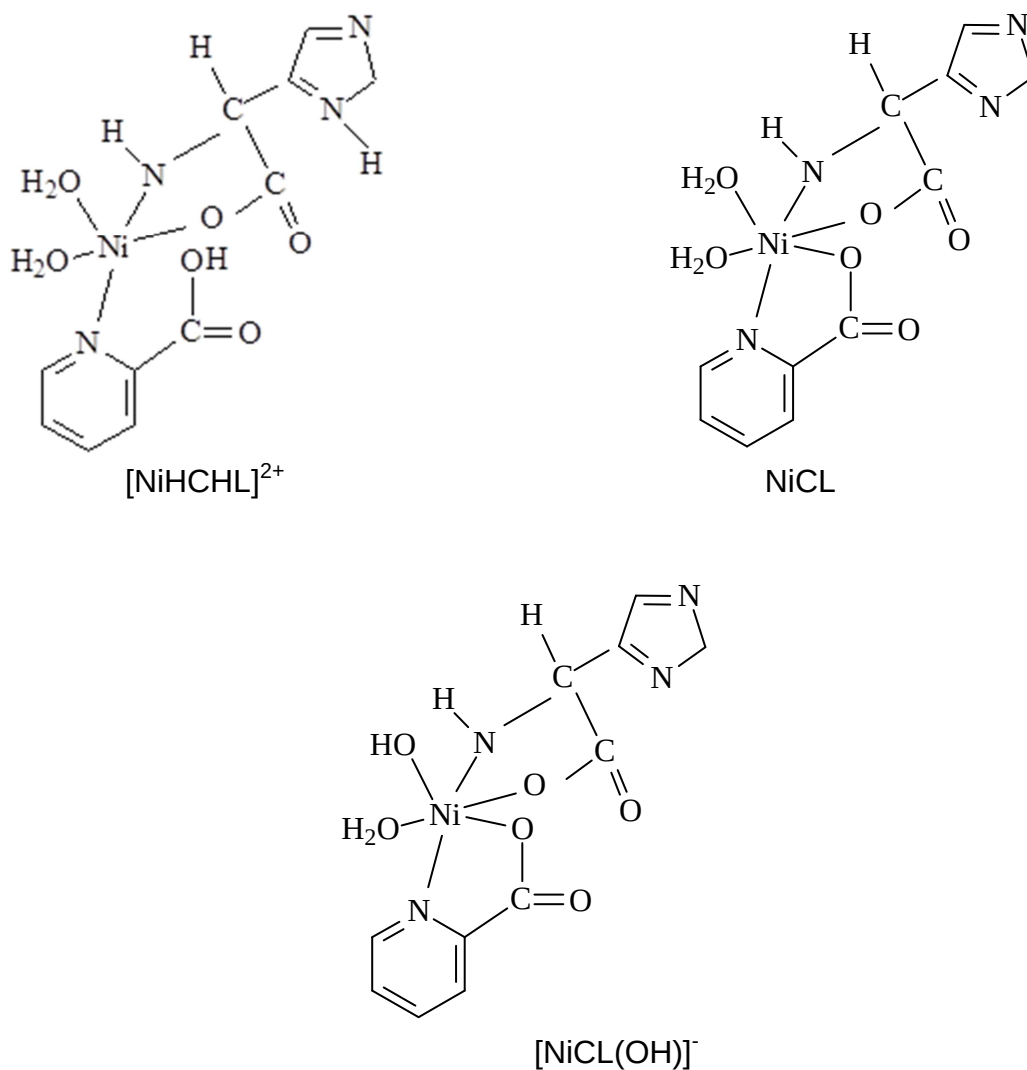


Figura 33. Estructuras propuestas de los complejos $[\text{NiHCHL}]^{2+}$, NiCL y $[\text{NiCL}(\text{OH})]^-$, del sistema ternario H^+ -Ni(II)-ácido picolínico-histidina.

A modo comparativo, la **tabla 30** reúne los complejos ternarios de todos los sistemas estudiados en este trabajo.

Tabla 30. Constantes de formación de los complejos ternarios obtenidos en este trabajo mediante el estudio de los diferentes sistemas.

Especie	$\log \beta_{pqrs}$			
	H^+ - ácido picolínico - Ni(II)- ácido aspártico	H^+ - ácido picolínico - Ni(II)- ácido glutámico	H^+ - ácido picolínico - Ni(II)- cisteína.	H^+ - ácido picolínico - Ni(II)- histidina
$[NiCH_2L]^+$	5,40(7)	4,90(1)	4,78(6)	--
NiCHL	2,08(7)	0,98(9)	--	--
$[NiCL]^-$	-3,95(6)	-5,6(1)	-6,63(5)	--
$[NiCL(OH)]^{2-}$	-14,6(3)	-14,7(2)	--	--
$[NiHCHL]^{2+}$	--	--	--	10,41(9)
NiCL	--	--	--	0,62(5)
$[NiCL(OH)]^-$	--	--	--	-10,1(1)
Dispersión $\sigma(Z_B)$	0,097	0,126	0,109	0,0066

En la **tabla 30** se observa que para la mayoría de las especies, las constantes de formación de los complejos comunes de los sistemas estudiados presentan diferencias importantes por lo que no son comparables entre sí, esto podría ser atribuido a la diferente capacidad para coordinación que presentan cada uno de los ligandos con el centro metálico.

La especie $[NiCL(OH)]^{2-}$ es común en los sistemas ácido aspártico y ácido glutámico, las constantes son similares.

6. CONCLUSIONES

- Fueron obtenidos las constantes de acidez en términos de pK_a de todos y cada uno de los ligandos utilizados, ácido picolínico, ácido aspártico, ácido glutámico, cisteína e histidina en medio iónico de NaCl 1,0 M a 25°C; empleando medidas de $emf(H)$, encontrándose los siguientes resultados, **ácido picolínico** H_2C^+/HC $pK_{a1}= 1,57$; HC/C^- $pK_{a2}= 5,07$; **ácido aspártico** H_3L^+/H_2L $pK_{a1}= 2,24$; H_2L/HL^- $pK_{a2}= 3,78$ y HL/L^{2-} $pK_{a3}=9,57$; en el caso del **ácido glutámico** H_3L^+/H_2L $pK_{a1}= 2,41$; H_2L/HL^- $pK_{a2}= 4,22$ y HL/L^{2-} $pK_{a3}= 9,31$; para la **cisteína** H_3L^+/H_2L $pK_{a1}= 2,15$; H_2L/HL^- $pK_{a2}= 8,44$ y HL/L^{2-} $pK_{a3}=10,62$ y finalmente en el caso de la **histidina** H_3L^{+2}/H_2L^+ $pK_{a1}= 2,50$; H_2L^+/HL $pK_{a2}= 6,25$ y HL/L^- $pK_{a3}= 8,85$; cumpliéndose así uno de los objetivos de este trabajo.
- El sistema H^+ - ácido picolínico- Ni(II)- ácido aspártico fue estudiado empleando medidas de $emf(H)$ en NaCl 1,0 M a 25°C, donde el modelo que mejor se ajustó a los datos experimentales dio origen a los siguientes complejos: $[NiCH_2L]^+$ ($\log \beta_{pqr}= 5,40(7)$); $NiCHL$ ($\log \beta_{pqr}= 2,08(7)$); $[NiCL]^-$ ($\log \beta_{pqr}= -3,95(6)$) y $[NiCL(OH)]^{2-}$ ($\log \beta_{pqr}= -14,6(3)$).
- El sistema H^+ - ácido picolínico- Ni(II)- ácido glutámico se estudió mediante medidas de $emf(H)$ en NaCl 1,0 M a 25°C, encontrándose que el modelo de especies que mejor se ajustó a los datos experimentales fue: $[NiCH_2L]^+$ ($\log \beta_{pqr}= 4,90(1)$); $NiCHL$ ($\log \beta_{pqr}= 0,98(9)$); $[NiCL]^-$ ($\log \beta_{pqr}= -5,60(1)$) y $[NiCL(OH)]^{2-}$ ($\log \beta_{pqr}= -14,7(2)$).
- Se realizó el estudio del sistema H^+ - ácido picolínico- Ni(II)- cisteína utilizando medidas de $emf(H)$ en NaCl 1,0 M a 25°C, hallándose que el modelo de especies que mejor se ajustó a los datos experimentales fue: $[NiCH_2L]^+$ ($\log \beta_{pqr}= 4,78(6)$); $[NiCL]^-$ ($\log \beta_{pqr}= -6,63(5)$).

- Utilizando medidas de $emf(H)$ fue realizado el estudio del sistema H^+ - ácido picolínico- $Ni(II)$ - histidina en $NaCl$ 1,0 M a $25^\circ C$, obteniéndose que el modelo que mejor se ajustó a los datos experimentales comprende los siguientes complejos: : $[NiHCHL]^{2+}$ ($\log \beta_{pqr} = 10,41(9)$); $NiCL$ ($\log \beta_{pqr} = 0,62(5)$) y $[NiCL(OH)]^-$ ($\log \beta_{pqr} = -10,1(1)$).
- Al hallar las constantes de formación de los complejos ternarios formados en cada uno de los diferentes sistemas estudiados, de una manera satisfactoria, se puede decir que han sido cumplidos los objetivos planteados en este trabajo.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. F. Cotton y G. Wilkinson. Química Inorgánica Avanzada, Editorial Limusa S.A. de C.V., México (2005). Pág.945-954.
2. N. V. Sidgwick. Los Elementos Químicos y sus Compuestos, Editorial Aguilar, S. A., Madrid (1956). Pág. 564-566
3. E. Mary Weeks. Historia de los Elementos Químicos, Imprenta Clarasó, Villarroel, 17, Barcelona (1949).
4. <http://www.lenntech.com/espanol/tabla-peiodica/Ni.htm>. Página consultada en abril (2011).
5. G. Rayner-Canham. Química Inorgánica Descriptiva. Segunda Edición, Editorial Pearson Educación, México (2000). Pág. 485-488.
6. Bolzan J.A. ,*An. Asoc. Quim.Argent.* 52, 183 (1964).
7. Perrin D.D, *J. Chem. Soc.*, 3644 (1964).
8. K. A. Burkov, *Acta Chem. Scand*, 19, 14 (1965).
9. H. Ohtaki, G. Biederman, *Bull. Chem.Soc.Japan*, 44, 1822,(1971).
10. Gayer y Garret, *J. Am., Chem. Soc*, 71, 2973 (1949).
11. L. Veliz. *Estudio de la formación de complejos de Niquel (II) con los ácidos picolínico y dipicolínico en disolución acuosa (NaCl 1,0 M, 25 °C)*. TEG. Facultad de Ciencias. UCV. (2010).

12. G. B. Kolski, N.K. Kildahl, D.W. Margerum, *Inorg. Chem.*, 8, 1211 (1969).
13. T. Kawai, Otsuka H., Ohtaki H., *Bull. Chem. Soc. Japan*, 46, 3753 (1973).
14. L. G. Wade, JR. Química Orgánica, Quinta Edición, Editorial Pearson Educación, S. A., España (2004).
15. Morrison, Robert. Química Orgánica. 3 edición. Editorial Fondo Educativo Interamericano. Colombia (1976). Pág. 1160-1165.
16. Juseth Ortega. *Estudio de formación de complejos ternarios de níquel (II) con ácido dipicolínico y los aminoácidos: ácido aspártico, ácido glutámico, histidina y cisteína mediante medidas de emf(H) en NaCl 1,0 M a 25 °C*. TEG, Facultad de Ciencias, UCV (2011).
17. J. Cruywagen, J. Heyns, E. Rohwer, *J. Chem. Soc., Dalton Trans.*, 1713 (1993).
18. E. Bottari, M. Festa, R. Jasionowska, *Polyhedron*, 8, 1019 (1989).
19. S. Pine. Química Orgánica, Cuarta Edición, Editorial McGraw-Hill, México (1988).
20. Ritthausen, H. Chemische Notice: *I. Ueber die Zusammensetzung des Pflansenleins; II. Reactionen des Pflansenleins; III. Zur Darstellung des Pflansenleins*. J. Prakt. Chem, (1866).
21. J. Lema, *Estudio de la formación de los complejos de níquel(II) con los aminoácidos: ácido aspártico, ácido glutámico, histidina y cisteína mediante*

medidas de emf(H) en NaCl 1,0 M a 25 °C. TEG, Facultad Ciencias, UCV (2011).

22.J. Blackburn, M. Jones, *J. Inorg. Nucl. Chem.*, 35, 1605 (1973).

23.E. Bottari, M. Festa, *Talanta*, 44, 1705 (1997).

24.A. Z. Kossel. *Ueber die basischen Stoffe den Zellkerns. Physiol. Chem.* 1896, 22, 176.

25.S. Hedin, *Ueber ein neues Spaltungsproduct des Hornsubstanzen. Z. Physiol. Chem.* 1896 22, 176.

26.J. Findlow, J. Duffield, D. Williams, *Chem. Speciation Bioavail.*, 2, 3 (1990).

27.S. Chaberek, A. Martell, *J. Am. Chem. Soc.*, 74, 6021 (1952).

28.V. Jokl, *J.Chromatography*, 14, 71 (1964).

29.V. Vasilev, G. Zaitseva, N. Provorova, *Zhur. Neorg. Khim.*, 49, 2608 (1979).

30.P. Morris, R.Martin, *J. Inorg. Nucl. Chem.*, 32, 2891 (1970).

31.D. Ismailov, A. Borisova, I. Savich et al, *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 207, 3, 651 (1972).

32.G. Biedermann y L. G. Sillén, *ArkivKemi*, 5,425 (1953).

33.L.G. Sillén, O. Warquist, *Arkiv. Kemi*, 31, 315 (1962)

8. APÉNDICE

Disoluciones utilizadas.

Solución	Concentración (M)
Cloruro de sodio (NaCl)	1,03±0,07
Ácido clorhídrico	0,1004±0,0003
Hidróxido de sodio	0,0992±0,0007
Ácido picolínico	0,06246±0,00003
Ácido aspártico	0,06248±0,00003
Ácido glutámico	0,06240±0,00003
Cisteína	0,06247±0,00003
Histidina	0,06249±0,00003

Estudio del sistema H^+ - ácido picolínico. Experimento 1.

Calibración

V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	313,8	10,0	275,7
2,0	307,6	12,0	261,0
4,0	301,3	14,0	233,4
6,0	294,0	14,5	216,5
8,0	285,6	Eo preliminar	373,13

Estudio del sistema H^+ -ácido picolínico. Experimento 1.

Calibración

V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	313,8	10,0	275,7
2,0	307,6	12,0	261,0
4,0	301,3	14,0	233,4
6,0	294,0	14,5	216,5
8,0	285,6	E_0 preliminar	373,13

Tabla 31. Datos experimentales para el estudio del sistema H^+ -ácido picolínico. Experimento 1.

V (mL)	E (mV)	pH	Htot	Z	Z*
0,0	277,6	1,6773	24,3197	-0,4692	-0,4372
1,0	274,9	1,7256	21,6050	-0,4070	-0,4100
2,0	271,8	1,7807	19,0071	-0,3631	-0,3796
3,0	268,3	1,8426	16,5185	-0,3269	-0,3466
4,0	264,3	1,9128	14,1325	-0,2965	-0,3108
5,0	259,8	1,9914	11,8430	-0,2603	-0,2732
6,0	254,7	2,0799	9,6441	-0,2141	-0,2344
7,0	248,2	2,1923	7,5306	-0,1826	-0,1907
8,0	240,1	2,3313	5,4977	-0,1402	-0,1454
8,5	234,2	2,4322	4,5100	-0,1380	-0,1181
9,0	228,1	2,5362	3,5407	-0,1082	-0,0943
9,2	225,4	2,5822	3,1581	-0,0931	-0,0851
9,4	221,8	2,6435	2,7783	-0,0873	-0,0739
9,6	218,3	2,7030	2,4013	-0,0727	-0,0641
9,8	213,3	2,7880	2,0270	-0,0691	-0,0517
10,0	207,4	2,8881	1,6556	-0,0631	-0,0392
10,2	201,9	2,9814	1,2868	-0,0426	-0,0291
10,4	194,5	3,1068	0,9207	-0,0244	-0,0174
10,5	188,0	3,2169	0,7387	-0,0232	-0,0082
10,6	180,9	3,3371	0,5573	-0,0171	0,0013
10,7	176,6	3,4099	0,3766	0,0022	0,0071

10,8	171,3	3,4996	0,1965	0,0212	0,0145
10,9	159,1	3,7060	0,0171	0,0319	0,0340
11,0	141,1	4,0105	-0,1617	0,0461	0,0762
11,1	135,6	4,1035	-0,3398	0,0745	0,0941
11,3	125,3	4,2776	-0,6941	0,1334	0,1363
11,4	117,6	4,4078	-0,8703	0,1627	0,1765
11,5	108,2	4,5667	-1,0459	0,1924	0,2369
11,6	105,0	4,6208	-1,2209	0,2236	0,2603
11,7	103,0	4,6546	-1,3952	0,2550	0,2757
11,8	100,7	4,6935	-1,5689	0,2864	0,2940
11,9	98,3	4,7340	-1,7420	0,3178	0,3139
12,0	93,6	4,8135	-1,9145	0,3490	0,3547
12,1	87,8	4,9115	-2,0864	0,3802	0,4080
12,2	83,0	4,9927	-2,2577	0,4116	0,4539
12,3	80,9	5,0282	-2,4284	0,4432	0,4743
12,4	75,9	5,1127	-2,5984	0,4747	0,5230
12,6	72,5	5,1702	-2,9368	0,5380	0,5559
12,7	68,1	5,2445	-3,1051	0,5696	0,5977
12,8	64,7	5,3020	-3,2728	0,6012	0,6291
13,0	60,1	5,3798	-3,6065	0,6646	0,6698
13,1	56,1	5,4474	-3,7724	0,6962	0,7033
13,2	55,0	5,4660	-3,9378	0,7280	0,7122
13,3	53,5	5,4914	-4,1026	0,7597	0,7240
13,4	47,2	5,5979	-4,2669	0,7913	0,7702
13,5	46,1	5,6165	-4,4305	0,8230	0,7777
13,6	42,1	5,6841	-4,5937	0,8547	0,8035
13,7	39,7	5,7246	-4,7562	0,8865	0,8178
13,8	37,2	5,7669	-4,9182	0,9182	0,8319
13,9	32,4	5,8480	-5,0797	0,9499	0,8564
14,0	26,3	5,9512	-5,2405	0,9816	0,8832

Estudio del sistema H^+ -ácido picolínico. Experimento 2.

Calibración

V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	314,8	10,0	278,0
2,0	309,2	12,0	263,4
4,0	303,1	14,0	235,0
6,0	296,2	14,5	216,6
8,0	288,1	E_0 preliminar	374,43

Tabla 32. Datos experimentales para el estudio del sistema H^+ -ácido picolínico. Experimento 2.

V (mL)	E (mV)	pH	Htot	Z	Z*
0	279,4	1,6790	24,0895	-0,4482	-0,4362
1,0	276,3	1,7325	21,3799	-0,4176	-0,4061
2,0	273,1	1,7878	18,7868	-0,3702	-0,3757
3,0	269,5	1,8497	16,3028	-0,3295	-0,3429
4,0	265,4	1,9200	13,9213	-0,2947	-0,3072
5,0	260,9	1,9970	11,636	-0,2481	-0,2707
6,0	255,5	2,0892	9,4413	-0,2097	-0,2306
7,0	249,0	2,1999	7,3317	-0,1683	-0,1880
8,0	240,0	2,3529	5,3026	-0,1455	-0,1391
8,5	234,8	2,4412	4,3167	-0,1181	-0,1158
9,0	227,9	2,5583	3,3492	-0,1000	-0,0898
9,2	224,0	2,6244	2,9673	-0,1019	-0,0772
9,4	220,1	2,6905	2,5882	-0,0947	-0,0660
9,6	214,9	2,7786	2,2119	-0,0947	-0,0530
9,8	209,9	2,8632	1,8384	-0,0814	-0,0421
10,0	203,0	2,9800	1,4676	-0,0734	-0,0293
10,2	193,6	3,1391	1,0995	-0,0654	-0,0146
10,3	188,4	3,2271	0,9165	-0,0568	-0,0074
10,4	182,1	3,3336	0,7341	-0,0475	0,0010
10,5	177,8	3,4063	0,5524	-0,0282	0,0068
10,6	173,4	3,4809	0,3714	-0,0072	0,0129

10,7	160,3	3,7024	0,1910	0,0013	0,0336
10,8	155,0	3,7920	0,0113	0,0266	0,0439
10,9	143,8	3,9813	-0,1678	0,0483	0,0712
11,0	137,9	4,0810	-0,3462	0,0763	0,0895
11,1	130,3	4,2095	-0,5240	0,1043	0,1183
11,2	125,9	4,2839	-0,7012	0,1343	0,1381
11,3	118,4	4,4107	-0,8777	0,1637	0,1775
11,4	114,8	4,4715	-1,0536	0,1946	0,1992
11,5	106,7	4,6085	-1,2289	0,2247	0,2549
11,6	104,5	4,6457	-1,4035	0,2561	0,2716
11,7	99,7	4,7268	-1,5775	0,2872	0,3103
11,8	95,9	4,7910	-1,7509	0,3185	0,3429
11,9	91,8	4,8603	-1,9237	0,3498	0,3799
12,0	88,3	4,9195	-2,0959	0,3812	0,4125
12,1	86,3	4,9533	-2,2674	0,4128	0,4315
12,2	82,6	5,0159	-2,4384	0,4443	0,4672
12,3	80,9	5,0446	-2,6087	0,4760	0,4837
12,4	76,4	5,1207	-2,7785	0,5075	0,5275
12,5	73,0	5,1782	-2,9476	0,5390	0,5604
12,6	70,4	5,2221	-3,1162	0,5707	0,5852
12,7	67,3	5,2745	-3,2842	0,6023	0,6142
12,8	64,6	5,3202	-3,4516	0,6340	0,6388
12,9	60,9	5,3827	-3,6184	0,6656	0,6713
13,0	57,8	5,4351	-3,7846	0,6973	0,6974
13,1	55,4	5,4757	-3,9503	0,7290	0,7167
13,3	51,0	5,5501	-4,2799	0,7924	0,7502
13,4	47,6	5,6075	-4,4438	0,8241	0,7742
13,5	44,0	5,6684	-4,6072	0,8558	0,7977
13,6	40,8	5,7225	-4,7700	0,8875	0,8171
13,7	36,4	5,7969	-4,9322	0,9192	0,8413
13,8	33,9	5,8391	-5,0939	0,9509	0,8539
13,9	27,3	5,9507	-5,2551	0,9826	0,8831
14,0	21,1	6,0555	-5,4157	1,0143	0,9058
14,1	17,7	6,1130	-5,5757	1,0461	0,9165

Estudio del sistema H^+ -ácido aspártico. Experimento 1.

Calibración

V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	--	10,0	278,7
2,0	308,9	12,0	265,1
4,0	303,9	14,0	239,5
6,0	297,0	14,5	225,2
8,0	289,0	E_0 preliminar	374,0

Tabla 33. Datos experimentales para el estudio del sistema H^+ -ácido aspártico. Experimento 1.

V (mL)	E (mV)	pH	Htot	Z	Z*
0	277,6	1,7163	24,4965	-0,7520	-0,7644
1,0	274,3	1,7762	21,7779	-0,7338	-0,7380
2,0	270,7	1,8410	19,1763	-0,7078	-0,7072
3,0	266,6	1,9141	16,6841	-0,6837	-0,6699
4,0	262,3	1,9901	14,2948	-0,6309	-0,6283
5,0	257,1	2,0813	12,0019	-0,5876	-0,5751
5,5	254,3	2,1301	10,8899	-0,5567	-0,5454
6,0	251,0	2,1874	9,7999	-0,5343	-0,5096
6,5	248,3	2,2342	8,7313	-0,4733	-0,4799
7,0	244,5	2,3000	7,6834	-0,4404	-0,4375
7,5	240,5	2,3688	6,6557	-0,3959	-0,3928
8,0	235,9	2,4477	5,6475	-0,3497	-0,3415
8,5	230,9	2,5333	4,6584	-0,2935	-0,2864
9,0	226,0	2,6170	3,6878	-0,2179	-0,2334
9,5	218,6	2,7431	2,7351	-0,1605	-0,1557
9,7	216,1	2,7857	2,3590	-0,1251	-0,1300
10,0	211,3	2,8673	1,7999	-0,0772	-0,0815
10,3	206,6	2,9471	1,2470	-0,0206	-0,0346
10,8	197,5	3,1015	0,3388	0,0801	0,0556
11,0	191,2	3,2083	-0,0199	0,1135	0,1188
11,2	187,7	3,2676	-0,3760	0,1633	0,1545

11,4	183,5	3,3387	-0,7296	0,2126	0,1980
11,6	178,3	3,4268	-1,0806	0,2613	0,2530
11,8	173,5	3,5080	-1,4292	0,3135	0,3048
12,0	167,7	3,6062	-1,7753	0,3659	0,3683
12,2	162,0	3,7026	-2,1189	0,4206	0,4310
12,4	157,3	3,7821	-2,4602	0,4782	0,4822
12,6	152,1	3,8701	-2,7990	0,5363	0,5377
12,7	149,5	3,9141	-2,9675	0,5657	0,5646
12,8	146,4	3,9665	-3,1355	0,5949	0,5959
12,9	143,0	4,0242	-3,3029	0,6243	0,6292
13,0	140,1	4,0732	-3,4696	0,6542	0,6563
13,1	136,7	4,1307	-3,6358	0,6840	0,6866
13,2	131,9	4,2118	-3,8014	0,7135	0,7266
13,3	126,3	4,3065	-3,9665	0,7430	0,7686
13,5	113,5	4,5228	-4,2949	0,8030	0,8465
13,6	106,1	4,6479	-4,4582	0,8334	0,8806
13,7	103,4	4,6936	-4,6210	0,8647	0,8913
13,9	55,9	5,4966	-4,9449	0,9250	0,9814
14,0	-48,9	7,2682	-5,1060	0,9562	1,0046
14,2	-120,4	8,4769	-5,4266	1,0190	1,0737
14,3	-124,4	8,5445	-5,5861	1,0507	1,0851
14,4	-133,3	8,6949	-5,7451	1,0821	1,1163
14,5	-140,7	8,8200	-5,9035	1,1135	1,1493
14,6	-146,6	8,9198	-6,0613	1,1448	1,1809
14,7	-151,3	8,9992	-6,2186	1,1762	1,2096
14,8	-153,8	9,0415	-6,3754	1,2077	1,2262
14,9	-159,4	9,1362	-6,5317	1,2389	1,2666
15,0	-163,5	9,2055	-6,6875	1,2701	1,2989
15,1	-165,4	9,2376	-6,8427	1,3015	1,3146
15,2	-169,9	9,3137	-6,9974	1,3325	1,3536
15,4	-175,6	9,4100	-7,3052	1,3948	1,4057
15,5	-178,5	9,4590	-7,4584	1,4259	1,4332
15,6	-182,3	9,5233	-7,6110	1,4566	1,4698
15,7	-185,4	9,5757	-7,7632	1,4873	1,5000
15,8	-186,6	9,5960	-7,9148	1,5186	1,5116
15,9	-190,4	9,6602	-8,0660	1,5489	1,5485
16,0	-193,6	9,7143	-8,2166	1,5793	1,5791
16,1	-199,6	9,8157	-8,3667	1,6078	1,6347

16,2	-199,6	9,8157	-8,5164	1,6395	1,6347
16,3	-202,5	9,8647	-8,6655	1,6695	1,6605
16,4	-206,0	9,9239	-8,8142	1,6987	1,6903
16,5	-208,7	9,9696	-8,9624	1,7282	1,7124
16,6	-211,4	10,0152	-9,1100	1,7575	1,7334
16,7	-215,3	10,0811	-9,2572	1,7852	1,7620
16,8	-218,7	10,1386	-9,4040	1,8129	1,7852
16,9	-220,8	10,1741	-9,5502	1,8419	1,7986
17,0	-224,7	10,2400	-9,6960	1,8678	1,8220
17,1	-226,8	10,2755	-9,8413	1,8960	1,8336
17,2	-230,6	10,3398	-9,9861	1,9205	1,8531
17,3	-234,9	10,4125	-10,1305	1,9427	1,8729
17,4	-239,0	10,4818	-10,2744	1,9638	1,8896
17,5	-240,8	10,5122	-10,4178	1,9902	1,8963
17,6	-246,3	10,6052	-10,5608	2,0033	1,9145

Estudio del sistema H^+ -ácido aspártico. Experimento 2.

Calibración

V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	322,9	10,0	278,7
2,0	314,2	12,0	263,7
4,0	308,2	14,0	232,4
6,0	299,6	14,5	216,3
8,0	290,2	E_0 preliminar	380,7

Tabla 34. Datos experimentales para el estudio del sistema H^+ -ácido aspártico. Experimento 2.

V (mL)	E (mV)	pH	Htot	Z	Z*
0	276,3	1,7294	23,8579	-0,7423	-0,7588
1,0	273,0	1,7941	21,1534	-0,7409	-0,7297
2,0	269,6	1,8593	18,5651	-0,7055	-0,6981
3,0	265,5	1,9364	16,0859	-0,6856	-0,6579
4,0	261,5	2,0103	13,7088	-0,6123	-0,6167
5,0	256,2	2,1068	11,4279	-0,5716	-0,5596
6,0	250,5	2,2088	9,2372	-0,4937	-0,4961
7,0	243,2	2,3377	7,1316	-0,4181	-0,4130
7,5	239,6	2,4007	6,1092	-0,3553	-0,3720
8,0	234,7	2,4860	5,1063	-0,3093	-0,3168
8,5	229,4	2,5777	4,1222	-0,2508	-0,2582
9,0	223,3	2,6829	3,1566	-0,1852	-0,1925
9,5	215,7	2,8132	2,2089	-0,1161	-0,1135
9,7	212,2	2,8731	1,8347	-0,0859	-0,0780
9,9	209,3	2,9226	1,4632	-0,0467	-0,0489
10,1	206,4	2,9721	1,0945	-0,0049	-0,0200
10,3	202,0	3,0470	0,7284	0,0296	0,0238
10,5	197,9	3,1168	0,3651	0,0703	0,0646
10,7	194,5	3,1746	0,0043	0,1174	0,0988
10,9	189,4	3,2612	-0,3538	0,1599	0,1506
11,1	184,7	3,3410	-0,7094	0,2074	0,1994

11,3	180,9	3,4054	-1,0624	0,2600	0,2396
11,5	174,7	3,5105	-1,4129	0,3086	0,3064
11,7	170,7	3,5783	-1,7609	0,3643	0,3502
11,9	165,1	3,6732	-2,1064	0,4186	0,4119
12,1	160,2	3,7561	-2,4495	0,4756	0,4655
12,3	155,5	3,8357	-2,7902	0,5339	0,5162
12,5	148,9	3,9474	-3,1284	0,5914	0,5846
12,6	145,5	4,0049	-3,2967	0,6207	0,6182
12,7	141,6	4,0709	-3,4644	0,6499	0,6550
12,8	137,9	4,1335	-3,6314	0,6796	0,6881
12,9	135,7	4,1707	-3,7979	0,7103	0,7067
13,0	131,2	4,2468	-3,9639	0,7400	0,7427
13,1	125,9	4,3366	-4,1292	0,7699	0,7810
13,2	122,9	4,3873	-4,2940	0,8007	0,8006
13,3	112,6	4,5614	-4,4582	0,8300	0,8578
13,4	108,3	4,6341	-4,6218	0,8609	0,8772
13,5	97,7	4,8133	-4,7849	0,8912	0,9154
13,6	80,7	5,1007	-4,9474	0,9216	0,9546
13,7	45,4	5,6974	-5,1093	0,9523	0,9883
13,8	-66,1	7,5823	-5,2707	0,9836	1,0099
13,9	-104,8	8,2365	-5,4315	1,0150	1,0438
14,0	-114,9	8,4072	-5,5918	1,0466	1,0635
14,1	-127,9	8,6270	-5,7516	1,0780	1,1011
14,2	-137,6	8,7910	-5,9108	1,1093	1,1410
14,3	-141,1	8,8501	-6,0694	1,1408	1,1583
14,4	-147,4	8,9566	-6,2275	1,1721	1,1938
14,5	-155,0	9,0851	-6,3851	1,2032	1,2442
14,6	-157,3	9,1240	-6,5422	1,2347	1,2611
14,7	-161,6	9,1967	-6,6987	1,2659	1,2947
14,8	-165,8	9,2677	-6,8547	1,2970	1,3298
14,9	-170,1	9,3404	-7,0101	1,3280	1,3677
15,0	-172,0	9,3725	-7,1651	1,3593	1,3851
15,1	-177,4	9,4638	-7,3195	1,3898	1,4359
15,2	-179,2	9,4942	-7,4734	1,4211	1,4532
15,3	-180,9	9,5229	-7,6268	1,4523	1,4697
15,4	-184,0	9,5753	-7,7797	1,4831	1,4998
15,5	-187,5	9,6345	-7,9320	1,5136	1,5338
15,6	-189,1	9,6616	-8,0839	1,5446	1,5493

15,7	-192,2	9,7140	-8,2352	1,5750	1,5789
15,8	-195,3	9,7664	-8,3861	1,6052	1,6080
15,9	-198,7	9,8238	-8,5364	1,6350	1,63910
16,0	-200,5	9,8543	-8,6863	1,6656	1,65510
16,1	-203,5	9,9050	-8,8357	1,6953	1,6810
16,2	-207,0	9,9642	-8,9845	1,7243	1,7098
16,3	-210,4	10,0216	-9,1329	1,7530	1,7363
16,4	-212,1	10,0504	-9,2808	1,7830	1,7489
16,5	-215,6	10,1095	-9,4282	1,8109	1,7737
16,6	-221,1	10,2025	-9,5751	1,8354	1,8090
16,7	-224,4	10,2583	-9,7216	1,8619	1,8280
16,8	-226,2	10,2887	-9,8676	1,8905	1,8378
16,9	-230,2	10,3563	-10,0131	1,9145	1,8578
17,0	-232,4	10,3935	-10,1581	1,9413	1,8680
17,1	-236,3	10,4595	-10,3026	1,9634	1,8844
17,2	-240,2	10,5254	-10,4467	1,9839	1,8990

Estudio del sistema H^+ -ácido glutámico. Experimento 1.

Calibración

V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	313,3	10,0	273,8
2,0	307,3	12,0	257,9
4,0	301,0	14,0	222,6
6,0	293,4	14,5	190,6
8,0	284,7	E_0 preliminar	373,14

Tabla 35. Datos experimentales para el estudio del sistema H^+ -ácido glutámico. Experimento 1.

V (mL)	E (mV)	pH	Htot	Z	Z*
0	272,1	1,7462	23,6858	-0,8187	-0,8211
1,0	268,6	1,8106	20,9851	-0,8037	-0,7981
2,0	264,9	1,8776	18,4004	-0,7660	-0,7718
3,0	260,6	1,9547	15,9246	-0,7338	-0,7386
4,0	255,4	2,0470	13,5509	-0,7105	-0,6948
5,0	250,0	2,1419	11,2731	-0,6433	-0,6455
6,0	243,1	2,2621	9,0855	-0,5846	-0,5778
6,5	239,4	2,3262	8,0239	-0,5396	-0,5400
7,0	234,9	2,4040	6,9829	-0,5009	-0,4929
7,5	230,8	2,4745	5,9619	-0,4342	-0,4497
8,0	225,6	2,5636	4,9604	-0,3746	-0,3951
8,5	218,9	2,6782	3,9777	-0,3189	-0,3262
9,0	211,6	2,8026	3,0135	-0,2463	-0,2546
9,2	208,9	2,8486	2,6328	-0,2090	-0,2291
9,4	203,1	2,9472	2,2549	-0,1942	-0,1766
9,6	199,6	3,0067	1,8799	-0,1550	-0,1463
9,8	196,0	3,0678	1,5076	-0,1133	-0,1160
10,0	190,5	3,1611	1,1380	-0,0781	-0,0712
10,2	186,1	3,2357	0,7711	-0,0333	-0,0364
10,4	179,9	3,3408	0,4069	0,0087	0,0121
10,5	176,6	3,3967	0,2258	0,0309	0,0379

10,6	173,2	3,4543	0,0454	0,0540	0,0648
10,7	171,8	3,4780	-0,1344	0,0825	0,0760
10,8	168,4	3,5355	-0,3136	0,1071	0,1035
10,9	166,7	3,5643	-0,4921	0,1356	0,1175
11,0	163,4	3,6202	-0,6699	0,1616	0,1452
11,1	161,7	3,6489	-0,8471	0,1907	0,1597
11,2	155,3	3,7572	-1,0237	0,2137	0,2165
11,3	152,3	3,8080	-1,1996	0,2421	0,2443
11,4	149,5	3,8553	-1,3750	0,2710	0,2709
11,5	146,3	3,9095	-1,5496	0,2999	0,3020
11,6	143,5	3,9568	-1,7237	0,3294	0,3298
11,7	140,2	4,0126	-1,8972	0,3588	0,3631
11,8	139,0	4,0329	-2,0700	0,3898	0,3754
11,9	135,7	4,0889	-2,2422	0,4195	0,4095
12,0	132,5	4,1430	-2,4138	0,4496	0,4426
12,1	129,9	4,1870	-2,5848	0,4801	0,4696
12,2	125,7	4,2580	-2,7552	0,5101	0,5129
12,3	122,2	4,3171	-2,9250	0,5406	0,5485
12,4	120,5	4,3459	-3,0942	0,5718	0,5655
12,5	117,0	4,4050	-3,2628	0,6025	0,5999
12,6	115,0	4,4388	-3,4308	0,6338	0,6190
12,7	111,4	4,4997	-3,5983	0,6647	0,6523
12,8	107,2	4,5707	-3,7651	0,6955	0,6892
12,9	102,3	4,6535	-3,9314	0,7264	0,7292
13,0	99,9	4,6941	-4,0970	0,7578	0,7475
13,1	94,1	4,7921	-4,2622	0,7889	0,7881
13,2	87,3	4,9071	-4,4267	0,8199	0,8293
13,3	83,1	4,9781	-4,5907	0,8513	0,8514
13,4	73,3	5,1438	-4,7541	0,8825	0,8937
13,5	59,0	5,3855	-4,9169	0,9137	0,9364
13,6	48,4	5,5647	-5,0792	0,9452	0,9571
13,7	-67,8	7,5290	-5,2409	0,9763	1,0158
13,8	-91,3	7,9263	-5,4021	1,0080	1,0394
13,9	-103,8	8,1376	-5,5627	1,0396	1,0628
14,0	-112,2	8,2796	-5,7227	1,0712	1,0851
14,1	-124,4	8,4858	-5,8823	1,1027	1,1301
14,2	-129,0	8,5636	-6,0412	1,1344	1,1518
14,3	-136,4	8,6887	-6,1997	1,1658	1,1927

14,4	-142,5	8,7918	-6,3576	1,1973	1,2324
14,5	-145,5	8,8425	-6,5149	1,2289	1,2539
14,6	-150,3	8,9237	-6,6717	1,2603	1,2908
14,7	-155,4	9,0099	-6,8280	1,2916	1,3334
14,8	-157,5	9,0454	-6,9838	1,3232	1,3518
14,9	-163,2	9,1417	-7,1391	1,3543	1,4039
15,0	-165,1	9,1739	-7,2938	1,3858	1,4219
15,1	-170,0	9,2567	-7,4480	1,4168	1,4689
15,2	-171,9	9,2888	-7,6017	1,4483	1,4874
15,3	-173,4	9,3142	-7,7548	1,4798	1,502
15,4	-176,5	9,3666	-7,9075	1,5109	1,5321
15,5	-180,1	9,4274	-8,0597	1,5418	1,5668
15,5	-181,4	9,4494	-8,0597	1,5415	1,5792
15,7	-184,8	9,5069	-8,3625	1,6041	1,6110
15,8	-187,8	9,5576	-8,5131	1,6349	1,6384
15,9	-190,8	9,6083	-8,6632	1,6656	1,6649
16,0	-193,8	9,6590	-8,8129	1,6962	1,6904
16,1	-195,5	9,6878	-8,9620	1,7272	1,7044
16,2	-199,2	9,7503	-9,1107	1,7572	1,7334
16,3	-200,8	9,7774	-9,2589	1,7881	1,7454
16,4	-204,2	9,8348	-9,4066	1,8178	1,7697
16,5	-210,5	9,9413	-9,5538	1,8451	1,8103
16,6	-214,3	10,0056	-9,7005	1,8735	1,8320
16,7	-216,0	10,0343	-9,8467	1,9036	1,8411
16,8	-217,8	10,0647	-9,9925	1,9335	1,8502
16,9	-221,6	10,1290	-10,1378	1,9608	1,8681
17,0	-226,8	10,2169	-10,2826	1,9854	1,8896

Estudio del sistema H^+ -ácido glutámico. Experimento 2.

Calibración

V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	313,9	10,0	278,7
2,0	308,8	12,0	264,2
4,0	303,4	14,0	235,8
6,0	296,7	14,5	218,7
8,0	288,9	E_0 preliminar	373,74

Tabla 36. Datos experimentales para el estudio del sistema H^+ -ácido glutámico. Experimento 2.

V (mL)	E (mV)	pH	Htot	Z	Z*
0	275,0	1,7449	23,7401	-0,8184	-0,8216
1,0	271,5	1,8083	21,0381	-0,7995	-0,7990
2,0	267,6	1,8783	18,4523	-0,7767	-0,7715
3,0	263,3	1,9547	15,9755	-0,7416	-0,7386
4,0	258,5	2,0394	13,6007	-0,6935	-0,6986
5,0	252,7	2,1408	11,3219	-0,6481	-0,6461
6,0	246,1	2,2553	9,1333	-0,5784	-0,5818
7,0	238,0	2,3950	7,0298	-0,4951	-0,4983
7,5	233,1	2,4791	6,0083	-0,4478	-0,4469
8,0	227,4	2,5766	5,0064	-0,3959	-0,3872
8,5	221,4	2,6790	4,0233	-0,3273	-0,3257
9,0	214,1	2,8033	3,0586	-0,2544	-0,2542
9,5	204,5	2,9665	2,1117	-0,1783	-0,1667
10,0	193,6	3,1514	1,1823	-0,0831	-0,0758
10,2	187,5	3,2548	0,8152	-0,0454	-0,0275
10,4	182,8	3,3344	0,4509	0,0021	0,0092
10,6	176,4	3,4428	0,0892	0,0479	0,0594
10,8	170,5	3,5426	-0,2699	0,0985	0,1069
11,0	164,1	3,6509	-0,6264	0,1510	0,1608
11,2	158,1	3,7524	-0,9804	0,2063	0,2140
11,4	153,0	3,8387	-1,3318	0,2643	0,2615

11,6	147,0	3,9402	-1,6807	0,3224	0,3200
11,8	141,0	4,0418	-2,0271	0,3817	0,3808
12,0	135,0	4,1432	-2,3711	0,4418	0,4428
12,2	128,5	4,2531	-2,7126	0,5025	0,5100
12,4	123,5	4,3377	-3,0518	0,5642	0,5607
12,6	118,2	4,4272	-3,3885	0,6262	0,6125
12,8	109,2	4,5794	-3,7230	0,6877	0,6935
12,9	105,7	4,6386	-3,8893	0,7189	0,7222
13,0	100,7	4,7231	-4,0551	0,7499	0,7600
13,1	95,7	4,8076	-4,2202	0,7810	0,7941
13,2	88,3	4,9327	-4,3849	0,8121	0,8376
13,3	81,3	5,0510	-4,5489	0,8433	0,8715
13,4	69,9	5,2437	-4,7124	0,8745	0,9138
13,5	52,1	5,5446	-4,8753	0,9057	0,9551
13,6	36,6	5,8067	-5,0376	0,9372	0,9752
13,7	3,3	6,3696	-5,1994	0,9688	0,9941
13,8	-65,7	7,5360	-5,3606	1,0004	1,0160
13,9	-94,6	8,0246	-5,5213	1,0320	1,0490
14,0	-105,1	8,2021	-5,6815	1,0636	1,0721
14,1	-115,8	8,3830	-5,8411	1,0952	1,1056
14,2	-124,3	8,5266	-6,0001	1,1267	1,1411
14,3	-133,9	8,6889	-6,1586	1,1581	1,1928
14,4	-137,9	8,7565	-6,3166	1,1897	1,2182
14,5	-140,9	8,8073	-6,4740	1,2213	1,2388
14,6	-143,5	8,8512	-6,6309	1,2529	1,2577
14,7	-148,6	8,9374	-6,7873	1,2843	1,2974
14,8	-152,8	9,0084	-6,9431	1,3157	1,3327
14,9	-156,4	9,0693	-7,0984	1,3471	1,3645
15,0	-160,6	9,1403	-7,2532	1,3783	1,4031
15,1	-164,1	9,1995	-7,4075	1,4096	1,4363
15,2	-166,4	9,2383	-7,5612	1,4410	1,4584
15,3	-168,6	9,2755	-7,7145	1,4724	1,4797
15,4	-171,8	9,3296	-7,8672	1,5036	1,5109
15,5	-175,3	9,3888	-8,0194	1,5346	1,5448
15,6	-179,0	9,4513	-8,1711	1,5655	1,5802
15,7	-181,8	9,4987	-8,3224	1,5965	1,6065
15,8	-183,5	9,5274	-8,4731	1,6277	1,6222
15,9	-186,0	9,5697	-8,6233	1,6587	1,6448

16,0	-188,8	9,6170	-8,7730	1,6894	1,6693
16,1	-192,1	9,6728	-8,9222	1,7198	1,6971
16,2	-195,3	9,7269	-9,0709	1,7501	1,7228
16,3	-197,6	9,7658	-9,2192	1,7807	1,7403
16,4	-200,0	9,8063	-9,3669	1,8111	1,7579
16,5	-203,5	9,8655	-9,5142	1,8406	1,7820
16,6	-206,5	9,9162	-9,6610	1,8702	1,8013
16,8	-211,8	10,0058	-9,9531	1,9292	1,8321
16,9	-214,2	10,0464	-10,0985	1,9586	1,8447
17,0	-218,9	10,1258	-10,2433	1,9850	1,8673

Estudio del sistema H^+ -cisteína. Experimento 1.

Calibración

V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	313,3	10,0	275,5
2,0	307,5	12,0	261,5
4,0	301,2	14,0	234,1
6,0	293,9	14,5	220,2
8,0	285,7	E_0 preliminar	372,65

Tabla 37. Datos experimentales para el estudio del sistema H^+ -cisteína. Experimento 1.

V (mL)	E (mV)	pH	Htot	Z	Z*
0	281,1	1,6246	29,1086	-0,7652	-0,7686
1,0	278,6	1,6726	26,2886	-0,7333	-0,7484
2,0	275,5	1,7311	23,5899	-0,7470	-0,7221
3,0	272,5	1,7870	21,0049	-0,7110	-0,6956
4,0	269,3	1,8461	18,5264	-0,6634	-0,6660
5,0	265,5	1,9151	16,1481	-0,6321	-0,6298
6,0	261,2	1,9923	13,8640	-0,5959	-0,5875
7,0	256,7	2,0723	11,6686	-0,5280	-0,5422
8,0	251,1	2,1710	9,5568	-0,4724	-0,4856
9,0	244,5	2,2862	7,5240	-0,4024	-0,4199
10,0	236,2	2,4300	5,5657	-0,3228	-0,3420
10,5	230,8	2,5229	4,6133	-0,2841	-0,2957
11,0	225,2	2,6189	3,6781	-0,2262	-0,2518
11,5	217,6	2,7488	2,7595	-0,1750	-0,1997
11,7	212,7	2,8323	2,3967	-0,1665	-0,1707
11,9	207,5	2,9208	2,0364	-0,1510	-0,1438
12,1	202,6	3,0042	1,6787	-0,1247	-0,1217
12,3	196,9	3,1010	1,3235	-0,0965	-0,0998
12,5	187,6	3,2587	0,9707	-0,0766	-0,0716
12,6	180,2	3,3842	0,7953	-0,0699	-0,0546
12,7	176,0	3,4553	0,6205	-0,0494	-0,0467
12,8	164,5	3,650	0,4463	-0,0408	-0,0304

12,9	156,5	3,7854	0,2727	-0,0200	-0,0224
13,0	122,1	4,3673	0,0997	-0,0104	-0,0059
13,1	-4,3	6,5040	-0,0727	0,0135	0,0114
13,3	-43,5	7,1667	-0,4157	0,0769	0,0507
13,4	-51,3	7,2986	-0,5863	0,1086	0,0674
13,5	-62,8	7,4930	-0,7563	0,1404	0,1017
13,6	-71,6	7,6417	-0,9258	0,1721	0,1376
13,7	-75,3	7,7043	-1,0946	0,2038	0,1557
13,8	-82,3	7,8226	-1,2629	0,2355	0,1951
13,9	-85,3	7,8733	-1,4306	0,2673	0,2141
14,0	-91,1	7,9714	-1,5977	0,2990	0,2548
14,1	-93,6	8,0136	-1,7643	0,3307	0,2738
14,2	-98,8	8,1015	-1,9303	0,3624	0,3162
14,3	-103,4	8,1793	-2,0957	0,3941	0,3565
14,4	-105,8	8,2199	-2,2606	0,4258	0,3785
14,5	-110,9	8,3061	-2,4249	0,4575	0,4269
14,6	-115,8	8,3889	-2,5886	0,4892	0,4750
14,7	-120,6	8,4701	-2,7518	0,5208	0,5228
14,8	-123,2	8,5140	-2,9145	0,5525	0,5488
14,9	-127,6	8,5884	-3,0766	0,5841	0,5923
15,0	-130,3	8,6340	-3,2381	0,6158	0,6186
15,1	-133,0	8,6797	-3,3991	0,6474	0,6445
15,2	-138,4	8,7710	-3,5596	0,6789	0,6944
15,3	-141,4	8,8217	-3,7195	0,7105	0,7209
15,4	-147,6	8,9265	-3,8789	0,7418	0,7727
15,5	-150,6	8,9772	-4,0378	0,7733	0,7962
15,6	-154,0	9,0347	-4,1961	0,8048	0,8215
15,7	-160,8	9,1496	-4,3540	0,8358	0,8685
15,8	-167,4	9,2612	-4,5112	0,8666	0,9099
15,9	-170,8	9,3187	-4,6680	0,8977	0,9300
16,0	-177,7	9,4353	-4,8243	0,9280	0,9688
16,1	-180,9	9,4894	-4,9800	0,9589	0,9862
16,2	-186,3	9,5807	-5,1352	0,9889	1,0155
16,3	-192,8	9,6906	-5,2899	1,0181	1,0513
16,4	-198,1	9,7802	-5,4441	1,0472	1,0819
16,6	-204,2	9,8833	-5,7510	1,1069	1,1193
16,7	-206,8	9,9272	-5,9037	1,1367	1,1363
16,8	-213,4	10,0388	-6,0559	1,1626	1,1823

16,9	-216,5	10,0912	-6,2076	1,1910	1,2056
17,0	-220,4	10,1571	-6,3588	1,2179	1,2364
17,1	-223,8	10,2146	-6,5095	1,2448	1,2646
17,2	-225,8	10,2484	-6,6598	1,2734	1,2819
17,3	-229,1	10,3042	-6,8095	1,2993	1,3112
17,4	-232,6	10,3634	-6,9588	1,3240	1,3435
17,5	-234,5	10,3955	-7,1075	1,3514	1,3614
17,6	-237,8	10,4513	-7,2558	1,3750	1,3932
17,7	-239,6	10,4817	-7,4037	1,4017	1,4108
17,8	-243,8	10,5527	-7,5510	1,4205	1,4525
17,9	-247,2	10,6102	-7,6979	1,4400	1,4864

Estudio del sistema H^+ -cisteína. Experimento 2.

Calibración

V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	313,2	10,0	277,9
2,0	308,5	12,0	262,9
4,0	302,3	14,0	233,8
6,0	295,8	14,5	216,9
8,0	287,8	E_0 preliminar	373,79

Tabla 38. Datos experimentales para el estudio del sistema H^+ -cisteína. Experimento 2.

V (mL)	E (mV)	pH0	Htot	Z	Z*
0	282,3	1,6254	29,0522	-0,7639	-0,7682
1,0	279,7	1,6783	26,2335	-0,7657	-0,7459
2,0	277,1	1,7301	23,5360	-0,7320	-0,7226
3,0	274,4	1,7826	20,9520	-0,6775	-0,6977
4,0	271,2	1,8438	18,4747	-0,6437	-0,6672
5,0	267,3	1,9170	16,0974	-0,6324	-0,6288
6,0	263,2	1,9926	13,8143	-0,5890	-0,5873
7,0	258,6	2,0763	11,6198	-0,5328	-0,5400
8,0	252,7	2,1820	9,5090	-0,4927	-0,4792
9,0	246,3	2,2951	7,4771	-0,4124	-0,4150
10,0	238,0	2,4401	5,5197	-0,3297	-0,3368
10,5	232,4	2,5371	4,5677	-0,2931	-0,2889
11,0	225,9	2,6493	3,6328	-0,2471	-0,2388
11,2	222,5	2,7077	3,2636	-0,2324	-0,2152
11,4	219,0	2,7677	2,8970	-0,2129	-0,1928
11,6	215,5	2,8275	2,5330	-0,1878	-0,1723
11,8	211,1	2,9027	2,1716	-0,1659	-0,1490
12,0	205,8	2,9930	1,8128	-0,1441	-0,1245
12,2	198,8	3,1121	1,4565	-0,1242	-0,0975
12,3	195,2	3,1733	1,2793	-0,1106	-0,0858
12,4	191,0	3,2447	1,1027	-0,0972	-0,0738
12,6	181,1	3,4126	0,7514	-0,0667	-0,0513

12,7	177,5	3,4736	0,5766	-0,0441	-0,0449
12,8	162,7	3,7243	0,4025	-0,0392	-0,0257
12,9	143,4	4,0509	0,2290	-0,0257	-0,0123
13,0	72,7	5,2464	0,0560	-0,0093	-0,0002
13,1	21,2	6,1170	-0,1163	0,0216	0,0046
13,2	-16,9	6,7610	-0,2880	0,0532	0,0205
13,3	-37,2	7,1042	-0,4591	0,0849	0,0442
13,4	-50,9	7,3358	-0,6297	0,1167	0,0730
13,5	-60,5	7,4981	-0,7996	0,1484	0,1028
13,6	-68,7	7,6367	-0,9690	0,1801	0,1362
13,7	-76,4	7,7669	-1,1378	0,2118	0,1756
13,8	-80,9	7,8429	-1,3060	0,2436	0,2026
13,9	-84,0	7,8953	-1,4736	0,2753	0,2228
14,1	-92,8	8,0441	-1,8071	0,3387	0,2881
14,2	-99,3	8,1540	-1,9730	0,3704	0,3431
14,3	-103,7	8,2284	-2,1384	0,4021	0,3832
14,4	-107,9	8,2994	-2,3032	0,4338	0,4230
14,6	-116,0	8,4363	-2,6311	0,4971	0,5029
14,7	-122,5	8,5462	-2,7942	0,5287	0,5677
14,8	-126,2	8,6087	-2,9568	0,5604	0,6041
14,9	-128,9	8,6544	-3,1188	0,5920	0,6302
15,0	-132,8	8,7203	-3,2803	0,6236	0,6670
15,1	-138,1	8,8099	-3,4412	0,6551	0,7149
15,2	-140,8	8,8555	-3,6016	0,6867	0,7381
15,3	-144,9	8,9248	-3,7615	0,7181	0,7719
15,4	-149,5	9,0026	-3,9208	0,7495	0,8075
15,5	-152,9	9,0601	-4,0796	0,7809	0,8323
15,6	-158,0	9,1463	-4,2379	0,8121	0,8672
15,7	-160,8	9,1936	-4,3956	0,8435	0,8853
15,9	-169,1	9,3339	-4,7096	0,9056	0,9352
16,0	-174,5	9,4252	-4,8657	0,9362	0,9655
16,1	-179,2	9,5047	-5,0214	0,9667	0,9911
16,2	-181,9	9,5503	-5,1766	0,9976	1,0058
16,3	-188,0	9,6534	-5,3312	1,0271	1,0391
16,4	-193,0	9,7379	-5,4853	1,0566	1,0673
16,5	-195,5	9,7802	-5,6390	1,0870	1,0819
16,6	-199,6	9,8495	-5,7921	1,1163	1,1067
16,7	-203,8	9,9205	-5,9447	1,1450	1,1336

16,8	-207,4	9,9814	-6,0969	1,1738	1,1580
16,9	-209,5	10,0169	-6,2485	1,2036	1,1729
17,0	-213,0	10,0760	-6,3996	1,2317	1,1987
17,1	-218,0	10,1606	-6,5503	1,2574	1,2380
17,2	-221,3	10,2164	-6,7004	1,2844	1,2655
17,3	-223,2	10,2485	-6,8501	1,3131	1,2819
17,4	-227,2	10,3161	-6,9993	1,3377	1,3176
17,5	-229,9	10,3617	-7,1480	1,3639	1,3426
17,6	-231,8	10,3939	-7,2963	1,3913	1,3605
17,7	-235,0	10,4479	-7,4440	1,4152	1,3913
17,8	-237,6	10,4919	-7,5913	1,4397	1,4168
18,0	-241,3	10,5544	-7,8844	1,4914	1,4535
18,1	-243,9	10,5984	-8,0303	1,5138	1,4794
18,2	-245,5	10,6254	-8,1757	1,5393	1,4954

Estudio del sistema H^+ -histidina. Experimento 1.

Calibración

V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	315,3	10,0	277,6
2,0	309,4	12,0	263,1
4,0	303,2	14,0	235,6
6,0	295,9	14,5	220,8
8,0	287,8	E_0 preliminar	374,70

Tabla 39. Datos experimentales para el estudio del sistema H^+ -histidina. Experimento 1.

V (mL)	E (mV)	pH	Htot	Z	Z*
3,5	247,2	2,2933	15,8171	-1,6483	-1,6159
4,0	243,3	2,3582	14,6314	-1,5910	-1,5800
4,5	238,9	2,4314	13,4698	-1,5319	-1,5385
5,0	234,2	2,5098	12,3317	-1,4641	-1,4934
5,5	228,5	2,6051	11,2164	-1,3979	-1,4388
6,0	220,8	2,7342	10,1232	-1,3384	-1,3673
6,2	217,1	2,7964	9,6919	-1,3136	-1,3347
6,4	213,6	2,8552	9,2641	-1,2820	-1,3052
6,6	207,8	2,9528	8,8395	-1,2636	-1,2596
6,8	203,5	3,0252	8,4183	-1,2275	-1,2287
7,0	195,6	3,1583	8,0004	-1,2044	-1,1788
7,1	190,5	3,2443	7,7926	-1,1931	-1,1513
7,2	187,5	3,2949	7,5857	-1,1715	-1,1367
7,3	178,0	3,4552	7,3796	-1,1655	-1,0979
7,5	158,8	3,7795	6,9696	-1,1325	-1,0464
7,6	140,0	4,0970	6,7658	-1,1151	-1,0176
7,8	105,0	4,6887	6,3606	-1,0615	-0,9796
7,9	85,3	5,0217	6,1592	-1,0315	-0,9469
8,0	73,2	5,2263	5,9585	-1,0004	-0,9150
8,2	64,7	5,3700	5,5594	-0,9371	-0,8844
8,3	57,7	5,4883	5,3610	-0,9056	-0,8528
8,4	52,0	5,5847	5,1633	-0,8739	-0,8224

8,5	48,6	5,6421	4,9664	-0,8422	-0,8020
8,6	43,3	5,7317	4,7703	-0,8105	-0,7669
8,7	39,1	5,8027	4,5748	-0,7788	-0,7362
8,8	35,4	5,8653	4,3801	-0,7471	-0,7071
8,9	31,9	5,9244	4,1862	-0,7154	-0,6780
9,0	28,3	5,9853	3,9929	-0,6837	-0,6464
9,1	26,4	6,0174	3,8004	-0,6519	-0,6293
9,2	23,1	6,0732	3,6086	-0,6202	-0,5986
9,3	21,2	6,1053	3,4175	-0,5884	-0,5806
9,4	18,2	6,1560	3,2271	-0,5567	-0,5517
9,5	14,5	6,2186	3,0374	-0,5250	-0,5156
9,6	12,7	6,2490	2,8484	-0,4932	-0,4979
9,7	9,5	6,3031	2,6602	-0,4615	-0,4664
9,8	5,9	6,3640	2,4726	-0,4297	-0,4313
9,9	1,8	6,4333	2,2857	-0,3980	-0,3920
10,0	0,2	6,4603	2,0995	-0,3662	-0,3769
10,1	-2,8	6,5110	1,9139	-0,3345	-0,3493
10,2	-4,3	6,5364	1,7291	-0,3027	-0,3358
10,3	-8,2	6,6023	1,5449	-0,2710	-0,3017
10,4	-11,9	6,6649	1,3614	-0,2392	-0,2711
10,5	-16,1	6,7359	1,1786	-0,2075	-0,2384
10,6	-19,0	6,7849	0,9964	-0,1757	-0,2171
10,7	-21,8	6,8322	0,8149	-0,1440	-0,1977
10,8	-26,3	6,9083	0,6340	-0,1122	-0,1685
10,9	-30,5	6,9793	0,4538	-0,0805	-0,1437
11,0	-35,8	7,0689	0,2742	-0,0487	-0,1153
11,1	-41,2	7,1602	0,0953	-0,0170	-0,0893
11,2	-47,2	7,2616	-0,0829	0,0148	-0,0634
11,3	-51,8	7,3394	-0,2606	0,0465	-0,0451
11,4	-64,2	7,5490	-0,4376	0,0782	0
11,5	-69,4	7,6369	-0,6139	0,1100	0,0185
11,6	-76,9	7,7637	-0,7896	0,1417	0,0464
11,7	-91,3	8,0071	-0,9648	0,1733	0,1088
11,8	-100,9	8,1694	-1,1392	0,2050	0,1613
11,9	-107,5	8,2810	-1,3131	0,2367	0,2039
12,0	-114,4	8,3976	-1,4864	0,2683	0,2546
12,1	-119,7	8,4872	-1,6590	0,2999	0,2976
12,2	-125,3	8,5819	-1,8310	0,3315	0,3467

12,3	-129,9	8,6596	-2,0025	0,3631	0,3892
12,4	-134,2	8,7323	-2,1733	0,3947	0,4304
12,5	-137,7	8,7915	-2,3435	0,4262	0,4645
12,6	-141,1	8,8490	-2,5131	0,4578	0,4979
12,7	-145,4	8,9217	-2,6822	0,4893	0,5400
12,8	-148,9	8,9808	-2,8506	0,5208	0,5739
12,9	-151,5	9,0248	-3,0185	0,5523	0,5986
13,0	-153,1	9,0518	-3,1857	0,5839	0,6135
13,1	-156,1	9,1025	-3,3524	0,6153	0,6409
13,2	-158,7	9,1465	-3,5185	0,6468	0,6640
13,3	-161,3	9,1904	-3,6841	0,6782	0,6863
13,4	-165,7	9,2648	-3,8490	0,7093	0,7220
13,5	-166,0	9,2699	-4,0134	0,7410	0,7243
13,6	-168,8	9,3172	-4,1773	0,7723	0,7456
13,7	-171,4	9,3612	-4,3405	0,8035	0,7644
13,8	-173,8	9,4017	-4,5032	0,8348	0,7808
13,9	-176,6	9,4491	-4,6654	0,8659	0,7989
14,0	-179,3	9,4947	-4,8270	0,8969	0,8153

Estudio del sistema H^+ -histidina. Experimento 2.

Calibración

V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	315,0	10,0	277,7
2,0	309,4	12,0	262,7
4,0	303,5	14,0	233,5
6,0	296,5	14,5	213,6
8,0	288,2	E_0 preliminar	375,47

Tabla 40. Datos experimentales para el estudio del sistema H^+ -histidina. Experimento 2.

V (mL)	E (mV)	pH	H _{tot}	Z	Z*
0	265,5	1,9261	24,4491	-1,7940	-1,7889
1,0	261,1	2,0155	21,7316	-1,7599	-1,7525
2,0	256,0	2,1154	19,1309	-1,7064	-1,7073
3,0	249,9	2,2307	16,6397	-1,6362	-1,6494
4,0	242,4	2,3685	14,2513	-1,5480	-1,5742
4,5	237,4	2,4584	13,0936	-1,5080	-1,5230
5,0	232,2	2,5509	11,9593	-1,4493	-1,4698
5,5	225,6	2,6670	10,8477	-1,3916	-1,4040
6,0	217,5	2,8080	9,7581	-1,3259	-1,3287
6,2	214,3	2,8633	9,3283	-1,2916	-1,3012
6,4	209,0	2,9548	8,9019	-1,2697	-1,2586
6,6	205,9	3,0081	8,4788	-1,2264	-1,2357
6,8	200,0	3,1092	8,0590	-1,1957	-1,1962
7,0	188,8	3,3004	7,6425	-1,1774	-1,1352
7,1	185,4	3,3583	7,4354	-1,1558	-1,1201
7,2	181,7	3,4212	7,2291	-1,1337	-1,1053
7,3	177,4	3,4943	7,0237	-1,1115	-1,0900
7,4	167,3	3,6658	6,8190	-1,0970	-1,0611
7,5	151,3	3,9369	6,6151	-1,0819	-1,0303
7,6	127,6	4,3380	6,4120	-1,0617	-1,0021
7,7	109,6	4,6426	6,2097	-1,0338	-0,9829
7,8	85,4	5,0517	6,0082	-1,0044	-0,9430

7,9	72,6	5,2681	5,8074	-0,9732	-0,9069
8,0	66,9	5,3645	5,6074	-0,9416	-0,8857
8,1	61,9	5,4490	5,4081	-0,9100	-0,8640
8,2	57,6	5,5217	5,2096	-0,8784	-0,8428
8,3	53,7	5,5876	5,0119	-0,8467	-0,8214
8,4	47,1	5,6992	4,8149	-0,8150	-0,7801
8,5	41,8	5,7888	4,6186	-0,7833	-0,7424
8,6	39,0	5,8361	4,4231	-0,7516	-0,7209
8,7	34,2	5,9172	4,2283	-0,7199	-0,6816
8,8	29,9	5,9899	4,0343	-0,6882	-0,6440
8,9	27,7	6,0271	3,8409	-0,6564	-0,6240
9,0	23,8	6,0931	3,6483	-0,6247	-0,5875
9,1	21,9	6,1252	3,4565	-0,5929	-0,5693
9,2	18,3	6,1860	3,2653	-0,5612	-0,5344
9,3	15,1	6,2401	3,0748	-0,5295	-0,5030
9,4	11,5	6,3010	2,8851	-0,4977	-0,4676
9,5	9,8	6,3297	2,6960	-0,4660	-0,4510
9,6	8,0	6,3602	2,5077	-0,4342	-0,4335
9,7	4,5	6,4193	2,3200	-0,4025	-0,3998
9,8	2,6	6,4514	2,1331	-0,3707	-0,3818
9,9	-0,8	6,5089	1,9468	-0,3390	-0,3504
10,0	-2,6	6,5393	1,7612	-0,3072	-0,3342
10,1	-6,2	6,6002	1,5763	-0,2755	-0,3028
10,2	-8,2	6,6340	1,3921	-0,2437	-0,2860
10,3	-12,1	6,6999	1,2085	-0,2120	-0,2546
10,4	-16,2	6,7692	1,0256	-0,1802	-0,2238
10,5	-20,7	6,8453	0,8434	-0,1485	-0,1925
10,6	-23,0	6,8842	0,6618	-0,1167	-0,1775
10,7	-28,1	6,9704	0,4809	-0,0850	-0,1467
10,8	-33,5	7,0617	0,3007	-0,0532	-0,1174
10,9	-36,7	7,1158	0,1211	-0,0215	-0,1016
11,0	-43,7	7,2341	-0,0579	0,0103	-0,0701
11,1	-47,6	7,3001	-0,2362	0,0420	-0,0542
11,2	-56,2	7,4454	-0,4139	0,0737	-0,0218
11,3	-71,9	7,7108	-0,5909	0,1054	0,0345
11,5	-87,6	7,9762	-0,9431	0,1689	0,1000
11,6	-98,7	8,1639	-1,1182	0,2005	0,1594
11,7	-107,7	8,3160	-1,2928	0,2321	0,2185

11,8	-111,9	8,3870	-1,4667	0,2638	0,2497
11,9	-115,4	8,4462	-1,6400	0,2955	0,2775
12,0	-121,6	8,5510	-1,8126	0,3271	0,3303
12,2	-132,0	8,7268	-2,1561	0,3902	0,4272
12,3	-134,5	8,7691	-2,3270	0,4218	0,4516
12,4	-138,7	8,8401	-2,4973	0,4533	0,4927
12,5	-142,6	8,9060	-2,6669	0,4849	0,5310
12,6	-144,6	8,9398	-2,8360	0,5165	0,5505
12,7	-148,2	9,0007	-3,0044	0,5479	0,5851
12,8	-152,0	9,0649	-3,1723	0,5793	0,6207
12,9	-153,7	9,0936	-3,3396	0,6109	0,6362
13,0	-157,1	9,1511	-3,5063	0,6423	0,6664
13,1	-160,3	9,2052	-3,6725	0,6736	0,6936
13,2	-163,7	9,2627	-3,8380	0,7048	0,7210
13,3	-165,2	9,2881	-4,0030	0,7363	0,7326
13,4	-166,5	9,3100	-4,1674	0,7679	0,7425
13,5	-168,5	9,3438	-4,3313	0,7992	0,7571
13,6	-171,6	9,3962	-4,4946	0,8304	0,7786
13,7	-173,4	9,4267	-4,6573	0,8617	0,7905
13,8	-176,8	9,4841	-4,8194	0,8926	0,8116

Estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- ácido aspártico, R= 1:1:1.

Experimento 1.

Calibración

V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	310,7	10,0	272,2
2,0	305,0	12,0	259,7
4,0	298,5	14,0	236,2
6,0	291,5	14,5	224,8
8,0	283,2	<i>Eo preliminar</i>	369,69

Tabla 41. Datos experimentales para el estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- ácido aspártico, R= 1:1:1. Experimento 1.

V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*	V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*
0	264,4	1,816	0,0803	0,0415	8,0	146,3	3,789	-1,6811	-1,7511
1,0	259,8	1,890	-0,0838	-0,0951	8,1	142,1	3,860	-1,7538	-1,7882
2,0	254,7	1,973	-0,2566	-0,2363	8,2	133,6	4,003	-1,8209	-1,8558
3,0	249,0	2,066	-0,4620	-0,3775	8,3	123,3	4,178	-1,8904	-1,9244
4,0	240,5	2,206	-0,5230	-0,5628	8,4	109,6	4,409	-1,9619	-1,9970
4,5	236,2	2,277	-0,6246	-0,6444	8,6	92,2	4,703	-2,1186	-2,0704
5,0	230,5	2,372	-0,6845	-0,7428	8,7	66,9	5,131	-2,1958	-2,1757
5,5	224,7	2,469	-0,8039	-0,8327	8,8	58,8	5,268	-2,2771	-2,2162
6,0	215,8	2,618	-0,8652	-0,9566	8,9	48,8	5,437	-2,3585	-2,2739
6,2	213,1	2,663	-0,9450	-0,9914	9,0	34,4	5,680	-2,4399	-2,3729
6,4	209,2	2,728	-0,9998	-1,0404	9,1	28,5	5,780	-2,5218	-2,4184
6,6	204,6	2,806	-1,0534	-1,0966	9,2	17,6	5,964	-2,6036	-2,5076
6,8	197,6	2,923	-1,0808	-1,1803	9,3	6,5	6,152	-2,6855	-2,6004
7,0	192,6	3,008	-1,1678	-1,2392	9,4	-4,8	6,343	-2,7675	-2,6907
7,2	184,7	3,141	-1,2354	-1,3322	9,5	-19,6	6,593	-2,8495	-2,7939
7,3	181,3	3,198	-1,2842	-1,3721	9,7	-56,6	7,219	-3,0135	-2,9602
7,4	174,4	3,314	-1,3105	-1,4523	9,8	-59,7	7,271	-3,0956	-2,9691
7,5	169,9	3,390	-1,3633	-1,5042	9,9	-109,4	8,111	-3,1776	-3,0584
7,6	165,3	3,468	-1,4202	-1,5563	10,0	-161,3	8,989	-3,2597	-3,1136
7,7	161,0	3,540	-1,4825	-1,6036	10,2	-196,3	9,580	-3,4238	-3,1825

7,8	157,9	3,593	-1,5522	-1,6367	10,4	-219,9	9,979	-3,5879	-3,2953
7,9	151,2	3,706	-1,6120	-1,7048					

**Estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- ácido aspártico, R= 1:1:1.
Experimento 2.**

Calibración

V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	310,1	10,0	273,3
2,0	304,6	12,0	259,0
4,0	298,5	14,0	230,8
6,0	291,4	14,5	214,8
8,0	283,6	<i>Eo preliminar</i>	370,26

Tabla 42. Datos experimentales para el ácido picolínico-Ni(II)- ácido aspártico, R= 1:1:1. Experimento 2.

V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*	V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*
0	264,3	1,828	0,0420	0,0165	7,9	142,0	3,891	-1,7553	-1,8037
1,0	259,7	1,905	-0,1123	-0,1234	8,0	137,7	3,963	-1,8299	-1,8380
2,0	254,6	1,990	-0,2903	-0,2652	8,1	127,4	4,137	-1,8982	-1,9099
3,0	248,0	2,101	-0,4046	-0,4292	8,2	117,4	4,306	-1,9712	-1,9671
4,0	240,7	2,224	-0,6048	-0,5848	8,3	103,6	4,540	-2,0454	-2,0313
4,5	236,0	2,303	-0,6859	-0,6731	8,4	81,1	4,920	-2,1209	-2,1213
5,0	230,3	2,399	-0,7615	-0,7697	8,5	66,7	5,164	-2,2010	-2,1849
5,5	223,9	2,507	-0,8689	-0,8667	8,6	52,9	5,397	-2,2819	-2,2594
6,0	215,3	2,652	-0,9681	-0,9832	8,7	39,5	5,623	-2,3634	-2,3481
6,2	212,0	2,707	-1,0364	-1,0252	8,8	33,1	5,732	-2,4452	-2,3960
6,4	207,1	2,790	-1,0773	-1,0858	8,9	18,0	5,987	-2,5270	-2,5188
6,6	201,1	2,892	-1,1181	-1,1581	9,0	3,5	6,232	-2,6088	-2,6392
6,8	196,1	2,976	-1,1993	-1,2174	9,1	-5,0	6,376	-2,6908	-2,7054
7,0	188,4	3,106	-1,2621	-1,3083	9,2	-14,4	6,535	-2,7728	-2,7717

7,1	186,4	3,140	-1,3227	-1,3319	9,3	-32,8	6,846	-2,8548	-2,8762
7,2	182,4	3,208	-1,3659	-1,3790	9,4	-53,9	7,202	-2,9369	-2,9574
7,3	178,1	3,280	-1,4123	-1,4294	9,5	-78,0	7,610	-3,0189	-3,0150
7,4	175,4	3,326	-1,4749	-1,4608	9,6	-106	8,081	-3,1010	-3,0564
7,5	168,9	3,436	-1,5172	-1,5353	9,7	-150	8,818	-3,1830	-3,1022
7,6	163,3	3,531	-1,5722	-1,5975	9,8	-182	9,371	-3,2651	-3,1499
7,7	158,4	3,613	-1,6349	-1,6497	9,9	-208	9,801	-3,3471	-3,234
7,8	149,7	3,76	-1,6904	-1,7358					

Estudio del sistema H^+ - ácido picolínico-Ni(II)- ácido aspártico, R= 1:2:1.
Experimento 1.

Calibración

V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	309,6	10,0	270,9
2,0	304,4	12,0	255,0
4,0	297,8	14,0	222,5
6,0	290,2	14,5	194,0
8,0	282,3	<i>Eo preliminar</i>	370,64

Tabla 43. Datos experimentales para el estudio del sistema H^+ - ácido picolínico-Ni(II)- ácido aspártico, R= 1:2:1. Experimento 1.

V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*	V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*
0	261,3	1,940	0,2522	0,2191	7,9	158,2	3,811	-2,4435	-2,4283
1,0	257,8	2,021	0,0078	0,0769	8,0	152,3	3,911	-2,5128	-2,5199
2,0	252,3	2,140	-0,0886	-0,1210	8,1	148,8	3,971	-2,5885	-2,5705
3,0	246,3	2,262	-0,3343	-0,3121	8,2	141,3	4,098	-2,6596	-2,6698
4,0	238,9	2,404	-0,6349	-0,5334	8,3	132,8	4,242	-2,7325	-2,7669
4,5	234,5	2,486	-0,8091	-0,6604	8,5	110,3	4,623	-2,8829	-2,9488
5,0	228,8	2,591	-0,9707	-0,8222	8,6	87,9	5,002	-2,9592	-3,0549
5,5	222,9	2,697	-1,1797	-0,9863	8,7	73,3	5,248	-3,0394	-3,1056
6,0	215,1	2,835	-1,3865	-1,1984	8,8	35,6	5,886	-3,1195	-3,2439
6,2	212,3	2,884	-1,4926	-1,2720	8,9	-7,1	6,607	-3,2010	-3,4290

6,4	208,2	2,956	-1,5819	-1,3779	9,0	-32,3	7,033	-3,2829	-3,5129
6,6	204,7	3,016	-1,6914	-1,4660	9,1	-43,8	7,228	-3,3648	-3,5439
6,8	199,7	3,103	-1,7889	-1,5886	9,2	-66,2	7,607	-3,4467	-3,5980
7,0	193,7	3,206	-1,8886	-1,7299	9,3	-80,0	7,840	-3,5286	-3,6313
7,2	189,3	3,282	-2,0143	-1,8292	9,4	-106,8	8,293	-3,6105	-3,7067
7,4	182,1	3,405	-2,1279	-1,9842	9,5	-133,4	8,743	-3,6925	-3,8068
7,6	173,8	3,546	-2,2489	-2,1509	9,6	-159,9	9,191	-3,7744	-3,9342
7,7	168,9	3,630	-2,3113	-2,2433	9,7	-180,0	9,530	-3,8563	-4,0428
7,8	163,6	3,720	-2,3759	-2,3378	9,8	-202,8	9,916	-3,9382	-4,1815
					9,9	-212,9	10,086	-4,0201	-4,2565

Estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- ácido aspártico, R= 1:2:1.
Experimento 2.

Calibración

V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	310,4	10,0	271,5
2,0	304,1	12,0	256,1
4,0	298,2	14,0	220,5
6,0	291,1	14,5	197,0
8,0	282,6	<i>Eo preliminar</i>	370,50

Tabla 44. Datos experimentales para el estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- ácido aspártico, R= 1:2:1. Experimento 2.

V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*	V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*
0	262,5	1,916	0,1831	0,2660	7,9	165,2	3,671	-2,3194	-2,2871
1,0	257,0	2,037	0,2684	0,0496	8,0	158,3	3,788	-2,3813	-2,4057
2,0	252,5	2,129	-0,0106	-0,1014	8,1	153,7	3,866	-2,4526	-2,4791
3,0	246,6	2,245	-0,2636	-0,2855	8,2	147,6	3,970	-2,5230	-2,5693
4,0	239,5	2,379	-0,5763	-0,4927	8,3	144,0	4,031	-2,5994	-2,6185
4,5	235,0	2,461	-0,7338	-0,6208	8,4	135,8	4,170	-2,6710	-2,7201
5,0	230,3	2,546	-0,9265	-0,7528	8,5	126,3	4,331	-2,7445	-2,8178
5,5	224,5	2,650	-1,1187	-0,9135	8,6	120,4	4,430	-2,8226	-2,8687

6,0	216,9	2,784	-1,3086	-1,1206	8,7	104,4	4,701	-2,8976	-2,9751
6,2	214,5	2,826	-1,4169	-1,1841	8,8	67,8	5,320	-2,9734	-3,1195
6,4	209,7	2,910	-1,4822	-1,3095	8,9	49,2	5,634	-3,0543	-3,1842
6,6	206,5	2,965	-1,5908	-1,3911	9,0	20,6	6,117	-3,1356	-3,3044
6,8	201,5	3,051	-1,6801	-1,5157	9,1	6,2	6,361	-3,2173	-3,3688
7,0	196,0	3,146	-1,7772	-1,6479	9,2	-21,8	6,834	-3,2991	-3,4767
7,2	191,3	3,226	-1,8946	-1,7565	9,3	-47,2	7,264	-3,3810	-3,5492
7,4	184,3	3,346	-2,0029	-1,9112	9,4	-73,7	7,712	-3,4629	-3,6128
7,5	180,6	3,409	-2,0610	-1,9893	9,6	-117,2	8,447	-3,6268	-3,7378
7,6	178,6	3,443	-2,1315	-2,0304	9,7	-142,7	8,878	-3,7087	-3,8428
7,7	174,5	3,513	-2,1925	-2,1125	9,8	-154,3	9,074	-3,7906	-3,8991
7,8	170,1	3,588	-2,2553	-2,1972	9,9	-175,6	9,434	-3,8725	-4,0115

Estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- ácido aspártico, R= 1:1:2.
Experimento 1.

Calibración

V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	312,8	10,0	274,5
2,0	307,0	12,0	259,1
4,0	300,5	14,0	231,5
6,0	293,2	14,5	214,9
8,0	285,0	<i>Eo preliminar</i>	372,44

Tabla 45. Datos experimentales para el estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- ácido aspártico, R= 1:1:2. Experimento 1.

V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*	V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*
0	260,8	1,889	0,4446	0,3263	9,3	95,5	4,617	-2,8671	-2,9465
1,0	256,0	1,960	0,1860	0,1846	9,4	85,4	4,788	-2,9458	-3,0232
2,0	250,0	2,050	-0,0027	0,0160	9,5	76,8	4,933	-3,0258	-3,081
3,0	243,5	2,151	-0,2333	-0,1566	9,6	66,1	5,114	-3,1061	-3,1496
3,5	239,9	2,208	-0,3588	-0,2473	9,7	57,8	5,254	-3,1872	-3,2042
4,0	235,0	2,285	-0,4208	-0,3661	9,8	48,6	5,410	-3,2684	-3,2697

4,5	230,7	2,354	-0,5694	-0,4653	9,9	42,6	5,511	-3,3500	-3,3163
5,0	225,1	2,445	-0,6821	-0,5908	10,0	31,7	5,695	-3,4315	-3,4097
5,5	218,0	2,561	-0,7887	-0,7413	10,1	26,5	5,783	-3,5132	-3,4579
6,0	210,0	2,692	-0,9342	-0,9049	10,2	14,6	5,985	-3,5949	-3,5743
6,2	205,8	2,761	-0,9856	-0,9895	10,3	8,5	6,088	-3,6767	-3,6349
6,4	201,7	2,829	-1,0552	-1,0718	10,4	-3,6	6,292	-3,7585	-3,7509
6,6	197,3	2,903	-1,1321	-1,1604	10,5	-15,8	6,498	-3,8404	-3,8548
6,8	192,7	2,979	-1,2189	-1,2538	10,6	-23,2	6,624	-3,9222	-3,9091
7,0	186,9	3,076	-1,3022	-1,3732	10,7	-37,5	6,865	-4,0041	-3,9952
7,2	182,5	3,150	-1,4158	-1,4651	10,8	-45,7	7,004	-4,0860	-4,0347
7,4	176,6	3,249	-1,5237	-1,5905	10,9	-62,3	7,285	-4,1679	-4,0986
7,6	169,7	3,365	-1,6360	-1,7393	11,0	-81,1	7,602	-4,2498	-4,1574
7,7	166,8	3,414	-1,7000	-1,8022	11,1	-91,4	7,776	-4,3317	-4,1884
7,8	164,3	3,456	-1,7681	-1,8564	11,2	-102,8	7,969	-4,4137	-4,225
7,9	160,4	3,521	-1,8306	-1,9408	11,3	-114,3	8,164	-4,4956	-4,2669
8,0	157,0	3,579	-1,8979	-2,0137	11,4	-135,8	8,527	-4,5775	-4,3674
8,1	153,9	3,631	-1,968	-2,0794	11,5	-152,0	8,801	-4,6594	-4,4692
8,2	150,7	3,685	-2,0392	-2,1462	11,6	-160,9	8,951	-4,7413	-4,5361
8,3	147,6	3,737	-2,1118	-2,2095	11,7	-176,8	9,220	-4,8233	-4,6730
8,4	143,3	3,809	-2,1826	-2,2939	11,8	-184,4	9,349	-4,9052	-4,7444
8,5	139,1	3,880	-2,2552	-2,3739	11,9	-204,1	9,682	-4,9871	-4,9369
8,6	135,6	3,939	-2,3304	-2,4375	12,0	-216,2	9,886	-5,0690	-5,0563
8,7	132,0	4,000	-2,4063	-2,4999	12,1	-222,1	9,986	-5,1509	-5,1155
8,8	125,6	4,108	-2,4793	-2,6026	12,2	-233,6	10,180	-5,2329	-5,2364
8,9	122,3	4,164	-2,5575	-2,6512	12,3	-238,4	10,261	-5,3148	-5,2911
9,0	116,7	4,259	-2,6340	-2,7271	12,4	-246,8	10,403	-5,3967	-5,3960
9,1	110,1	4,370	-2,7108	-2,8061	12,5	-250,0	10,458	-5,4786	-5,4402
9,2	102,3	4,502	-2,7882	-2,8864					

Estudio del sistema H⁺ -ácido picolínico-Ni(II)- ácido aspártico, R= 1:1:2.

Experimento 2.

Calibración

V _{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V _{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	313,3	10,0	274,8
2,0	307,1	12,0	260,1
4,0	300,8	14,0	229,9
6,0	293,7	14,5	211,8
8,0	285,6	<i>Eo preliminar</i>	373,46

Tabla 46. Datos experimentales para el estudio del sistema H⁺ -ácido picolínico-Ni(II)- ácido aspártico, R= 1:1:2. Experimento 2.

V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*	V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*
0	260,9	1,904	0,3877	0,2939	9,1	95,1	4,666	-2,9025	-2,9698
1,0	256,1	1,979	0,1420	0,1469	9,2	87,0	4,803	-2,9820	-3,0295
2,0	250,0	2,075	-0,0305	-0,0297	9,3	77,8	4,958	-3,0620	-3,0907
3,0	243,5	2,179	-0,2754	-0,2035	9,4	63,3	5,203	-3,1420	-3,1841
3,5	239,5	2,244	-0,3797	-0,3045	9,5	56,3	5,322	-3,2233	-3,2318
4,0	234,7	2,322	-0,4654	-0,4212	9,6	48,2	5,459	-3,3047	-3,2917
4,5	230,2	2,396	-0,6194	-0,5243	9,7	38,1	5,629	-3,3861	-3,3749
5,0	223,2	2,511	-0,6940	-0,6779	9,8	28,6	5,790	-3,4677	-3,4617
5,2	221,0	2,547	-0,7695	-0,7245	9,9	19,0	5,952	-3,5494	-3,5554
5,4	218,7	2,585	-0,8478	-0,7726	10,0	9,8	6,108	-3,6312	-3,6468
5,6	215,2	2,643	-0,8921	-0,8451	10,1	-0,4	6,280	-3,7130	-3,7446
5,8	212,4	2,69	-0,9713	-0,9024	10,2	-9,2	6,429	-3,7949	-3,8218
6,0	208,3	2,758	-1,0244	-0,9857	10,3	-19,4	6,601	-3,8768	-3,9002
6,2	204,9	2,815	-1,1087	-1,0544	10,4	-31,9	6,813	-3,9586	-3,9787
6,4	200,4	2,89	-1,1807	-1,1455	10,5	-45,6	7,044	-4,0405	-4,0452
6,6	195,1	2,979	-1,2540	-1,2535	10,6	-58,9	7,269	-4,1224	-4,0957
6,8	190,4	3,058	-1,3515	-1,3504	10,7	-73,9	7,523	-4,2043	-4,1433
7,0	184,9	3,15	-1,4509	-1,4655	10,8	-84,3	7,699	-4,2863	-4,1745
7,2	179,7	3,238	-1,5651	-1,5762	10,9	-105,5	8,057	-4,3682	-4,2432
7,4	173,0	3,35	-1,6775	-1,7208	11,0	-126,5	8,412	-4,4501	-4,3318

7,6	167,6	3,441	-1,8086	-1,8381	11,1	-137,1	8,591	-4,5320	-4,3890
7,8	161,3	3,548	-1,9417	-1,9744	11,2	-154,3	8,882	-4,6139	-4,5042
8,0	153,7	3,675	-2,0771	-2,1344	11,3	-162,4	9,019	-4,6958	-4,5684
8,2	147,7	3,777	-2,2236	-2,2564	11,4	-177,6	9,276	-4,7778	-4,7035
8,3	142,9	3,858	-2,2942	-2,3494	11,5	-189,8	9,482	-4,8597	-4,8207
8,4	138,8	3,927	-2,3679	-2,4249	11,6	-203,3	9,710	-4,9416	-4,9533
8,5	134,6	3,998	-2,4427	-2,4981	11,7	-210,5	9,832	-5,0235	-5,0243
8,6	130,0	4,076	-2,5181	-2,5731	11,8	-223,8	10,057	-5,1054	-5,1579
8,7	124,1	4,176	-2,5931	-2,6611	11,9	-234,6	10,239	-5,1874	-5,2751
8,8	118,5	4,270	-2,6697	-2,7359	12,0	-239,4	10,32	-5,2693	-5,3322
8,9	112,2	4,377	-2,7469	-2,8105	12,1	-246,6	10,442	-5,3512	-5,4262
9,0	102,0	4,549	-2,8232	-2,9121	12,2	-252,2	10,537	-5,4331	-5,5084

Estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- ácido glutámico, R= 1:1:1.
Experimento 1.

Calibración

V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	312,6	10,0	276,1
2,0	307,1	12,0	261,2
4,0	301,0	14,0	232,5
6,0	294,1	14,5	215,1
8,0	286,0	<i>Eo preliminar</i>	372,28

Tabla 47. Datos experimentales para el estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- ácido glutámico, R= 1:1:1. Experimento 1

V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*	V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*
6,0	205,7	2,774	-0,8425	-0,8847	8,4	47,4	5,380	-2,1946	-2,0649
6,2	200,1	2,857	-0,9020	-0,9264	8,5	16,8	5,897	-2,2756	-2,1710
6,4	194,7	2,937	-0,9809	-0,9655	8,6	-2,2	6,218	-2,3574	-2,2733
6,6	187,1	3,055	-1,0449	-1,0208	8,7	-17,4	6,475	-2,4393	-2,3846
6,7	181,5	3,143	-1,0672	-1,0619	8,8	-29,8	6,685	-2,5213	-2,4906
6,8	178,9	3,184	-1,1254	-1,0811	8,9	-43,7	6,920	-2,6034	-2,6147

6,9	172,7	3,283	-1,1577	-1,1284	9,0	-56,8	7,141	-2,6854	-2,7254
7,0	167,8	3,363	-1,2072	-1,1677	9,1	-65,0	7,280	-2,7675	-2,7882
7,1	163,2	3,438	-1,2638	-1,2058	9,2	-76,6	7,476	-2,8495	-2,8675
7,2	160,3	3,485	-1,3320	-1,2307	9,3	-89,4	7,692	-2,9316	-2,9442
7,3	154,3	3,584	-1,3892	-1,2846	9,4	-101,2	7,892	-3,0136	-3,0097
7,4	148,3	3,683	-1,4512	-1,3417	9,5	-115,5	8,127	-3,0957	-3,0889
7,5	143,1	3,769	-1,5192	-1,3935	9,6	-129,7	8,374	-3,1777	-3,1857
7,6	136,5	3,879	-1,5869	-1,4614	9,7	-150,8	8,730	-3,2598	-3,3676
7,7	130,4	3,981	-1,6585	-1,5253	9,8	-172,9	9,104	-3,3418	-3,6027
7,8	124,2	4,085	-1,7322	-1,5900	9,9	-189,9	9,391	-3,4239	-3,7806
7,9	115,7	4,228	-1,8055	-1,6754	10,0	-201,5	9,587	-3,5060	-3,8868
8,0	107,7	4,362	-1,8815	-1,7497	10,1	-204,4	9,636	-3,5880	-3,9112
8,1	98,4	4,519	-1,9585	-1,8260	10,2	-211,3	9,753	-3,6701	-3,9659
8,2	89,3	4,672	-2,0371	-1,8890	10,3	-212,0	9,765	-3,7521	-3,9714
8,3	70,1	4,996	-2,1149	-1,9870	10,4	-217,3	9,856	-3,8342	-4,0115

**Estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- ácido glutámico, R= 1:2:1.
Experimento 1.**

Calibración

V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	312,6	10,0	273,5
2,0	306,8	12,0	258,1
4,0	300,4	14,0	223,3
6,0	293,1	14,5	198,0
8,0	284,3	<i>Eo preliminar</i>	372,84

Tabla 48. Datos experimentales para el estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)-ácido glutámico, R= 1:2:1. Experimento 1.

V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*	V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*
0	262,1	1,860	-0,2375	-0,2588	8,1	141,4	3,902	-2,3080	-2,3027
1,0	257,6	1,936	-0,4089	-0,3796	8,2	136,0	3,993	-2,3805	-2,3753
2,0	252,3	2,026	-0,5648	-0,5125	8,3	130,7	4,083	-2,4548	-2,4454

3,0	244,4	2,161	-0,5616	-0,6955	8,4	125,0	4,179	-2,5302	-2,5187
3,5	242,4	2,194	-0,8117	-0,7370	8,5	114,8	4,351	-2,6034	-2,6419
4,0	237,8	2,272	-0,8626	-0,8320	8,6	110,6	4,422	-2,6826	-2,6885
4,5	233,4	2,347	-0,9817	-0,9179	8,7	100,6	4,591	-2,7596	-2,7883
5,0	227,9	2,44	-1,0839	-1,0204	8,8	90,2	4,767	-2,8381	-2,8737
5,5	221,8	2,543	-1,2167	-1,1283	8,9	73,3	5,053	-2,9166	-2,9743
6,0	213,6	2,681	-1,3373	-1,2661	9,0	42,8	5,569	-2,9961	-3,0748
6,2	210,6	2,732	-1,4161	-1,3146	9,1	-1,4	6,316	-3,0771	-3,1804
6,4	206,8	2,796	-1,4843	-1,3750	9,2	-21,1	6,649	-3,1589	-3,2473
6,6	201,8	2,881	-1,5408	-1,4528	9,3	-49,0	7,120	-3,2407	-3,3594
6,8	197,7	2,95	-1,6309	-1,5150	9,4	-65,0	7,391	-3,3226	-3,4232
7,0	190,2	3,077	-1,6852	-1,6263	9,5	-80,1	7,646	-3,4046	-3,4818
7,1	186,8	3,134	-1,7270	-1,6756	9,6	-90,5	7,822	-3,4865	-3,5233
7,2	183,5	3,19	-1,7747	-1,7229	9,7	-104,5	8,059	-3,5684	-3,5853
7,3	181,4	3,226	-1,8371	-1,7526	9,8	-115,3	8,241	-3,6503	-3,6425
7,4	175,6	3,324	-1,8720	-1,8342	9,9	-127,8	8,453	-3,7322	-3,7247
7,5	171,4	3,395	-1,9259	-1,8926	10,0	-141,9	8,691	-3,8141	-3,8439
7,6	167,0	3,469	-1,9830	-1,9533	10,1	-152,6	8,872	-3,8961	-3,9547
7,7	163,5	3,528	-2,048	-2,0013	10,2	-162,9	9,046	-3,9780	-4,0752
7,8	158,2	3,618	-2,1081	-2,0738	10,3	-174,2	9,237	-4,0599	-4,2165
7,9	153,1	3,704	-2,1729	-2,1435	10,4	-186,2	9,440	-4,1418	-4,3670
8,0	147,2	3,804	-2,2387	-2,2240					

Estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- ácido glutámico, R= 1:2:1.
Experimento 2.

Calibración

V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	311,4	10,0	271,7
2,0	305,5	12,0	255,9
4,0	299,0	14,0	218,9
6,0	291,4	14,5	189,2
8,0	282,7	<i>Eo preliminar</i>	371,76

Tabla 49. Datos experimentales para el estudio del sistema H⁺ -ácido picolínico-Ni(II)-ácido glutámico, R= 1:2:1. Experimento 2.

V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*	V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*
0	260,6	1,879	-0,2299	-0,2923	7,8	144,6	3,840	-2,2617	-2,2538
1,0	256,2	1,954	-0,4459	-0,4076	7,9	138,5	3,943	-2,3316	-2,3363
2,0	250,6	2,048	-0,5923	-0,5453	8,0	132,4	4,047	-2,4039	-2,4177
2,5	247,6	2,099	-0,6888	-0,6147	8,1	128,3	4,116	-2,4806	-2,4712
3,0	243,5	2,168	-0,7095	-0,7059	8,2	121,9	4,224	-2,5558	-2,5523
3,5	239,9	2,229	-0,8247	-0,7815	8,3	115,1	4,339	-2,6322	-2,6336
4,0	235,1	2,310	-0,8893	-0,878	8,4	107,4	4,469	-2,7093	-2,7179
4,5	230,2	2,393	-1,0033	-0,9712	8,5	93,9	4,697	-2,7857	-2,8421
5,0	224,6	2,488	-1,1321	-1,0727	8,6	83,0	4,882	-2,8648	-2,9193
5,5	217,8	2,603	-1,2679	-1,1900	8,7	63,1	5,218	-2,9438	-3,0149
5,6	216,4	2,627	-1,3015	-1,2134	8,8	26,1	5,844	-3,0239	-3,1108
5,8	213,1	2,682	-1,3603	-1,2679	8,9	-12,3	6,493	-3,1053	-3,2141
6,0	209,6	2,741	-1,4259	-1,3244	9,0	-44,9	7,044	-3,1872	-3,3411
6,2	205,6	2,809	-1,4919	-1,3878	9,1	-59,3	7,287	-3,2691	-3,3992
6,4	200,8	2,890	-1,5559	-1,4621	9,2	-67,5	7,426	-3,351	-3,4314
6,6	195,7	2,976	-1,6317	-1,5392	9,3	-85,9	7,737	-3,4329	-3,5031
6,8	189,7	3,078	-1,7114	-1,6278	9,4	-97,5	7,933	-3,5148	-3,5512
7,0	182,7	3,196	-1,7984	-1,7286	9,5	-113,0	8,195	-3,5967	-3,6270
7,1	179,0	3,259	-1,8473	-1,7810	9,6	-124,0	8,381	-3,6786	-3,6946
7,2	175,4	3,320	-1,9013	-1,8314	9,7	-135,5	8,575	-3,7606	-3,7823
7,3	171,3	3,389	-1,9557	-1,8884	9,8	-146,5	8,761	-3,8425	-3,8850
7,4	166,5	3,470	-2,0104	-1,9546	9,9	-158,3	8,961	-3,9244	-4,0147
7,5	161,5	3,555	-2,0689	-2,0232	10,0	-174,3	9,231	-4,0063	-4,2119
7,6	156,3	3,643	-2,1307	-2,0943	10,1	-183,9	9,394	-4,0882	-4,3328
7,7	150,4	3,742	-2,1942	-2,1748					

Estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- ácido glutámico, R= 1:1:2.

Experimento 1.

Calibración

V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	311,3	10,0	273,6
2,0	305,3	12,0	259,3
4,0	299,1	14,0	229,1
6,0	292,2	14,5	213,1
8,0	283,9	<i>Eo preliminar</i>	370,82

Tabla 50. Datos experimentales para el estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- ácido glutámico, R= 1:1:2. Experimento 1.

V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*	V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*
0	257,7	1,879	0,4529	0,4452	9,2	80,2	4,813	-2,6670	-2,7747
1,0	252,3	1,959	0,2874	0,3250	9,3	74,2	4,915	-2,7476	-2,8384
2,0	246,1	2,052	0,1254	0,1901	9,4	63,0	5,104	-2,8278	-2,9356
2,5	242,3	2,111	0,0780	0,1077	9,5	48,2	5,354	-2,9083	-3,0324
3,0	238,2	2,175	0,0184	0,0204	9,7	27,2	5,709	-3,0711	-3,1440
3,5	234,4	2,235	-0,1054	-0,0586	9,8	15,2	5,912	-3,1527	-3,2116
4,0	229,2	2,318	-0,1674	-0,1651	9,9	5,0	6,084	-3,2345	-3,2784
4,5	223,3	2,413	-0,2456	-0,2821	10,0	-6,2	6,274	-3,3163	-3,3650
5,0	216,6	2,523	-0,3476	-0,4104	10,1	-14,8	6,419	-3,3981	-3,4408
5,2	213,3	2,577	-0,3842	-0,4710	10,2	-20,9	6,522	-3,4800	-3,4984
5,4	210,5	2,623	-0,4516	-0,5212	10,3	-29,7	6,671	-3,5619	-3,5849
5,6	207,0	2,680	-0,5066	-0,5826	10,4	-37,3	6,799	-3,6438	-3,6597
5,8	202,7	2,751	-0,5534	-0,6559	10,5	-47,2	6,967	-3,7257	-3,7531
6,0	198,3	2,824	-0,6149	-0,7286	10,6	-53,3	7,070	-3,8076	-3,8066
6,2	193,8	2,899	-0,6897	-0,8008	10,7	-58,6	7,159	-3,8895	-3,8499
6,4	189,2	2,976	-0,7765	-0,8728	10,8	-65,8	7,281	-3,9714	-3,9040
6,6	182,4	3,090	-0,8473	-0,9774	10,9	-74,5	7,428	-4,0533	-3,9626
6,8	176,5	3,188	-0,9478	-1,0677	11,0	-82,5	7,563	-4,1353	-4,0116
6,9	172,8	3,251	-0,9964	-1,1249	11,1	-89,1	7,675	-4,2172	-4,0500
7,0	168,8	3,318	-1,0472	-1,1879	11,2	-95,2	7,778	-4,2991	-4,0853

7,1	166,1	3,363	-1,1107	-1,2312	11,3	-101,6	7,886	-4,3810	-4,1234
7,2	163,1	3,414	-1,1743	-1,2802	11,4	-109,6	8,022	-4,4629	-4,1752
7,3	160,0	3,466	-1,2393	-1,3322	11,5	-115,6	8,123	-4,5448	-4,2188
7,4	156,7	3,521	-1,3052	-1,3890	11,6	-124,6	8,275	-4,6268	-4,2949
7,5	153,0	3,584	-1,3714	-1,4548	11,8	-134,2	8,437	-4,7906	-4,3948
7,6	150,2	3,631	-1,4429	-1,5060	11,9	-144,8	8,617	-4,8725	-4,5322
7,7	147,2	3,682	-1,5148	-1,5623	12,0	-153,8	8,769	-4,9544	-4,6728
7,8	142,9	3,754	-1,5841	-1,6454	12,1	-158,8	8,853	-5,0364	-4,7598
7,9	140,1	3,800	-1,6590	-1,6999	12,2	-165,9	8,973	-5,1183	-4,8926
8,0	136,4	3,863	-1,7326	-1,7748	12,3	-172,0	9,076	-5,2002	-5,0132
8,1	133,4	3,914	-1,8085	-1,8364	12,4	-178,0	9,178	-5,2821	-5,1350
8,2	130,3	3,966	-1,8850	-1,9008	12,5	-184,8	9,293	-5,3640	-5,2733
8,3	126,8	4,025	-1,9614	-1,9738	12,6	-192,0	9,415	-5,4460	-5,4162
8,4	122,2	4,103	-2,0372	-2,0696	12,7	-199,1	9,535	-5,5279	-5,5497
8,5	119,3	4,152	-2,1158	-2,1294	12,8	-207,6	9,678	-5,6098	-5,6965
8,6	115,5	4,216	-2,1938	-2,2065	12,9	-219,0	9,871	-5,6917	-5,8694
8,7	111,2	4,289	-2,2720	-2,2914	13,0	-226,9	10,005	-5,7736	-5,9752
8,8	106,4	4,370	-2,3504	-2,3822	13,1	-232,4	10,098	-5,8555	-6,0443
8,9	102,1	4,443	-2,4297	-2,4592	13,2	-239,1	10,211	-5,9375	-6,1263
9,0	95,7	4,551	-2,5084	-2,5652	13,3	-244,7	10,305	-6,0194	-6,1956
9,1	89,3	4,659	-2,5878	-2,6598	13,4	-250,1	10,397	-6,1013	-6,2656

Estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- ácido glutámico, R= 1:1:2.
Experimento 2.

Calibración

V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	310,3	10,0	273,7
2,0	305,1	12,0	259,2
4,0	298,6	14,0	229,0
6,0	291,4	14,5	215,1
8,0	283,6	<i>Eo preliminar</i>	370,01

Tabla 51. Datos experimentales para el estudio del sistema H⁺ -ácido picolínico-Ni(II)-ácido glutámico, R= 1:1:2. Experimento 2.

V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*	V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*
0	257,6	1,885	0,4774	0,4343	9,1	102,1	4,482	-2,6344	-2,4986
1,0	252,9	1,960	0,2539	0,3235	9,2	95,5	4,593	-2,7133	-2,6036
2,0	246,4	2,064	0,1653	0,1729	9,3	91,0	4,669	-2,7936	-2,6681
2,5	243,8	2,106	0,0026	0,1152	9,4	81,7	4,827	-2,8728	-2,7837
3,0	239,9	2,170	-0,0536	0,0278	9,5	66,8	5,079	-2,9520	-2,9240
3,5	235,1	2,248	-0,0863	-0,0757	9,6	56,7	5,249	-3,0328	-2,9951
4,0	231,1	2,314	-0,2284	-0,1591	9,7	39,3	5,543	-3,1136	-3,0929
4,5	225,5	2,406	-0,3126	-0,2730	9,9	15,3	5,949	-3,2767	-3,2251
5,0	217,1	2,545	-0,3335	-0,4359	10,0	-2,4	6,248	-3,3584	-3,3526
5,2	214,6	2,587	-0,4038	-0,4821	10,1	-16,0	6,478	-3,4402	-3,4736
5,5	210,3	2,658	-0,5062	-0,5595	10,2	-22,7	6,592	-3,5221	-3,5385
5,7	206,1	2,728	-0,5487	-0,6327	10,3	-30,2	6,718	-3,6040	-3,6126
6,0	200,3	2,826	-0,6553	-0,7299	10,4	-38,6	6,860	-3,6859	-3,6945
6,2	194,5	2,923	-0,7059	-0,8234	10,5	-44,1	6,953	-3,7678	-3,7459
6,4	188,9	3,017	-0,7816	-0,9110	10,6	-51,2	7,073	-3,8497	-3,8083
6,5	186,1	3,064	-0,8260	-0,9541	10,7	-61,3	7,244	-3,9316	-3,8881
6,6	184,5	3,091	-0,8884	-0,9787	10,8	-73,0	7,442	-4,0136	-3,9678
6,7	180,4	3,160	-0,9246	-1,0417	10,9	-79,3	7,548	-4,0955	-4,0063
6,8	177,2	3,214	-0,9755	-1,0911	11,0	-88,1	7,697	-4,1774	-4,0576
6,9	174,2	3,264	-1,0317	-1,1378	11,1	-95,0	7,814	-4,2593	-4,0977
7,0	170,6	3,325	-1,0862	-1,1948	11,2	-99,6	7,892	-4,3412	-4,1253
7,1	167,0	3,386	-1,1442	-1,2530	11,3	-108,1	8,035	-4,4231	-4,1808
7,2	165,2	3,416	-1,2156	-1,2827	11,4	-118,7	8,214	-4,5051	-4,2627
7,3	162,1	3,468	-1,2809	-1,3340	11,5	-124,5	8,312	-4,5870	-4,3160
7,4	159,2	3,517	-1,3487	-1,3841	11,6	-132,4	8,446	-4,6689	-4,4007
7,5	156,3	3,566	-1,4180	-1,4355	11,7	-138,2	8,544	-4,7508	-4,4729
7,6	154,3	3,599	-1,4920	-1,4716	11,8	-143,3	8,630	-4,8327	-4,5439
7,7	148,3	3,701	-1,5533	-1,5842	11,9	-154,0	8,811	-4,9147	-4,7156
7,8	145,6	3,746	-1,6275	-1,6366	12,0	-162,8	8,960	-4,9966	-4,8773
7,9	142,9	3,792	-1,7024	-1,6900	12,1	-172,8	9,129	-5,0785	-5,0759
8,0	139,5	3,850	-1,7764	-1,7586	12,2	-179,3	9,239	-5,1604	-5,2084
8,1	137,6	3,882	-1,8544	-1,7974	12,3	-184,9	9,334	-5,2423	-5,3216
8,2	132,1	3,975	-1,9263	-1,9113	12,4	-191,1	9,438	-5,3242	-5,4432
8,3	129,2	4,024	-2,0037	-1,9718	12,5	-198,5	9,563	-5,4062	-5,5802

8,4	126,5	4,069	-2,0819	-2,0281	12,6	-209,1	9,743	-5,4881	-5,7570
8,5	123,6	4,118	-2,1602	-2,0882	12,7	-218,0	9,893	-5,5700	-5,8872
8,6	119,3	4,191	-2,2374	-2,1763	12,8	-229,7	10,091	-5,6519	-6,0388
8,7	116,4	4,240	-2,3166	-2,2345	12,9	-235,4	10,187	-5,7338	-6,1085
8,8	112,5	4,306	-2,3953	-2,3108	13,0	-244,0	10,333	-5,8158	-6,2147
8,9	110,0	4,348	-2,4754	-2,3581	13,1	-248,5	10,409	-5,8977	-6,2737
9,0	106,0	4,416	-2,5547	-2,4311	13,2	-255,5	10,527	-5,9796	-6,3744

Estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- cisteína, R= 1:1:1. Experimento 1.

Calibración

V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	312,5	10,0	274,6
2,0	306,8	12,0	259,6
4,0	300,5	14,0	230,9
6,0	293,1	14,5	211,7
8,0	285,0	<i>Eo preliminar</i>	372,25

Tabla 52. Datos experimentales para el estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- cisteína, R= 1:1:1. Experimento 1.

V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*	V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*
0	268,1	1,776	-0,1945	-0,1677	7,8	67,5	5,214	-1,2632	-1,1459
1,0	264,0	1,853	-0,2666	-0,2607	7,9	56,3	5,403	-1,3445	-1,2768
2,0	259,3	1,939	-0,3542	-0,3562	8,0	49,7	5,515	-1,4262	-1,4020
3,0	253,1	2,051	-0,3716	-0,4669	8,1	47,1	5,559	-1,5081	-1,4624
4,0	246,5	2,170	-0,5211	-0,5669	8,2	42,7	5,633	-1,5900	-1,5785
4,5	242,4	2,242	-0,5917	-0,6206	8,3	39,0	5,696	-1,6720	-1,6877
5,0	237,5	2,327	-0,6570	-0,6779	8,4	36,1	5,745	-1,7540	-1,7786
5,5	231,6	2,430	-0,7269	-0,7378	8,5	33,1	5,796	-1,8359	-1,8757
6,0	224,7	2,549	-0,8244	-0,7965	8,6	30,2	5,845	-1,9179	-1,9704
6,2	221,9	2,597	-0,8835	-0,8173	8,7	27,3	5,894	-1,9999	-2,0642
6,4	217,5	2,672	-0,9019	-0,8468	8,8	24,0	5,949	-2,0819	-2,1675
6,6	213,8	2,736	-0,9618	-0,8687	8,9	20,7	6,005	-2,1639	-2,2652

6,8	209,0	2,818	-1,0105	-0,8938	9,0	17,5	6,059	-2,2459	-2,3532
7,0	201,5	2,946	-1,0311	-0,9263	9,1	15,3	6,096	-2,3280	-2,4093
7,1	198,3	3,000	-1,0637	-0,9379	9,2	12,0	6,152	-2,4100	-2,4867
7,2	194,9	3,058	-1,0994	-0,9490	9,3	7,3	6,232	-2,4920	-2,5826
7,3	184,5	3,234	-1,0714	-0,9761	9,4	1,2	6,335	-2,5740	-2,6836
7,4	176,1	3,377	-1,0921	-0,9919	9,5	-7,1	6,475	-2,6560	-2,7848
7,6	141,7	3,960	-1,1386	-1,0238	9,6	-18,7	6,671	-2,7380	-2,8751
7,7	85,4	4,911	-1,1835	-1,0634	9,7	-41,8	7,062	-2,8200	-2,9588

Estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- cisteína, R= 1:1:1. Experimento 2.

Calibración

V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	312,3	10,0	273,9
2,0	306,1	12,0	258,7
4,0	299,7	14,0	230,2
6,0	292,5	14,5	212,6
8,0	284,3	<i>Eo preliminar</i>	372,37

Tabla 53. Datos experimentales para el estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- cisteína, R= 1:1:1. Experimento 2.

V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*	V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*
0	266,9	1,771	-0,1734	-0,1614	7,8	70,8	5,123	-1,1870	-1,1097
1,0	263,0	1,843	-0,2950	-0,2481	7,9	57,4	5,350	-1,2679	-1,2305
2,0	258,3	1,928	-0,3796	-0,3433	8,0	49,5	5,483	-1,3495	-1,3625
3,0	252,1	2,039	-0,3869	-0,4542	8,1	46,8	5,529	-1,4315	-1,4206
4,0	245,0	2,164	-0,4757	-0,5622	8,2	43,7	5,581	-1,5134	-1,4958
5,0	235,7	2,326	-0,5865	-0,6769	8,3	40,8	5,631	-1,5953	-1,5737
5,5	230,0	2,424	-0,6678	-0,7347	8,4	38,3	5,673	-1,6773	-1,6461
6,0	222,6	2,551	-0,7418	-0,7977	8,5	35,4	5,722	-1,7593	-1,7350
6,2	219,0	2,613	-0,7730	-0,8239	8,6	33,8	5,749	-1,8413	-1,7856
6,4	215,4	2,674	-0,8215	-0,8475	8,7	31,1	5,794	-1,9233	-1,8730
6,6	211,3	2,744	-0,8716	-0,8716	8,8	28,0	5,847	-2,0053	-1,9742

6,8	206,1	2,833	-0,9141	-0,8981	8,9	24,3	5,909	-2,0873	-2,0934
7,0	198,1	2,969	-0,9319	-0,9315	9,0	19,8	5,986	-2,1692	-2,2311
7,1	196,5	2,996	-0,9902	-0,9371	9,2	15,7	6,055	-2,3333	-2,3456
7,2	191,5	3,081	-1,0054	-0,9531	9,3	11,7	6,122	-2,4153	-2,4459
7,3	186,5	3,166	-1,0324	-0,9667	9,4	5,9	6,220	-2,4973	-2,5698
7,4	179,6	3,283	-1,0538	-0,9820	9,5	-1,2	6,341	-2,5793	-2,6883
7,5	177,3	3,322	-1,1193	-0,9862	9,6	-12,9	6,538	-2,6613	-2,8193
7,6	152,5	3,742	-1,0891	-1,0161					

Estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- cisteína, R= 1:2:1. Experimento 1.

Calibración

V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	311,9	10,0	272,5
2,0	305,9	12,0	256,7
4,0	299,2	14,0	218,5
6,0	291,7	14,5	185,4
8,0	283,3	Eo preliminar	372,16

Tabla 54. Datos experimentales para el estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- cisteína, R= 1:2:1. Experimento 1.

V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*	V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*
0	265,5	1,818	-0,2923	-0,2838	8,0	164,6	3,553	-1,8673	-1,8353
1,0	261,3	1,893	-0,4017	-0,4068	8,1	156,4	3,692	-1,9188	-1,8841
2,0	256,4	1,981	-0,5083	-0,5389	8,2	144,1	3,900	-1,9698	-1,9416
3,0	251,2	2,073	-0,6937	-0,6673	8,3	112,1	4,441	-2,0157	-2,0245
4,0	244,2	2,196	-0,8214	-0,8223	8,4	39,0	5,677	-2,0839	-2,2705
4,5	240,8	2,255	-0,9563	-0,8912	8,5	32,2	5,792	-2,1656	-2,3536
5,0	235,6	2,344	-0,9979	-0,9908	8,6	27,2	5,876	-2,2474	-2,4212
5,5	230,8	2,427	-1,1283	-1,0759	8,7	22,4	5,957	-2,3292	-2,4880
6,0	224,0	2,544	-1,2150	-1,1877	8,8	17,0	6,049	-2,4111	-2,5622
6,5	216,2	2,677	-1,3430	-1,3045	8,9	12,8	6,120	-2,4929	-2,6172
6,6	214,6	2,704	-1,3768	-1,3270	9,0	7,3	6,213	-2,5748	-2,6843

6,8	210,7	2,771	-1,4344	-1,3803	9,1	4,2	6,265	-2,6567	-2,7192
7,0	206,0	2,851	-1,4892	-1,4413	9,2	-0,5	6,344	-2,7386	-2,7682
7,2	201,2	2,932	-1,5602	-1,5000	9,3	-5,1	6,422	-2,8205	-2,8118
7,4	195,6	3,028	-1,6351	-1,5640	9,4	-9,6	6,498	-2,9023	-2,8507
7,6	188,0	3,157	-1,7047	-1,6435	9,5	-17,0	6,623	-2,9842	-2,9081
7,7	183,6	3,231	-1,7434	-1,6856	9,6	-22,3	6,713	-3,0661	-2,9455
7,8	178,2	3,323	-1,7813	-1,7334	9,7	-28,2	6,813	-3,1480	-2,9848
7,9	172,1	3,427	-1,8231	-1,7826					

Estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- cisteína, R= 1:2:1. Experimento 2.

Calibración

V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	309,3	10,0	270,2
2,0	302,6	12,0	255,4
4,0	296,3	14,0	222,5
6,0	289,3	14,5	198,9
8,0	280,9	<i>Eo preliminar</i>	369,46

Tabla 55. Datos experimentales para el estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- cisteína, R= 1:2:1. Experimento 2.

V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*	V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*
0	264,8	1,801	-0,2578	-0,2532	8,3	162,3	3,559	-1,876	-1,8370
1,0	260,8	1,872	-0,3842	-0,3713	8,4	150,8	3,754	-1,918	-1,9026
2,0	256,0	1,958	-0,4704	-0,5037	8,5	142,1	3,901	-1,980	-1,9414
3,0	250,7	2,051	-0,6190	-0,6356	8,6	107,7	4,482	-2,024	-2,0280
4,0	244,3	2,162	-0,7725	-0,7803	8,7	45,6	5,532	-2,094	-2,1876
4,5	240,6	2,226	-0,8599	-0,8574	8,8	36,2	5,691	-2,176	-2,2796
5,0	236,7	2,293	-0,9737	-0,9340	8,9	26,2	5,860	-2,257	-2,4075
5,5	231,8	2,378	-1,0634	-1,0245	9,0	19,5	5,973	-2,339	-2,5006
6,0	225,6	2,484	-1,1410	-1,1307	9,1	16,4	6,026	-2,421	-2,5432
6,5	219,1	2,595	-1,2767	-1,2329	9,2	11,1	6,115	-2,503	-2,6134
7,0	209,8	2,753	-1,3921	-1,3659	9,3	8,7	6,156	-2,585	-2,6434

7,2	206,6	2,808	-1,4770	-1,4081	9,4	3,6	6,242	-2,666	-2,7036
7,4	201,6	2,893	-1,5340	-1,4711	9,5	-1,7	6,332	-2,748	-2,7601
7,6	196,1	2,986	-1,6016	-1,5360	9,6	-7,4	6,428	-2,830	-2,8145
7,8	189,1	3,105	-1,6687	-1,6120	9,7	-13,5	6,531	-2,912	-2,8662
8,0	180,9	3,244	-1,7477	-1,6919	9,8	-19,4	6,631	-2,994	-2,9112
8,1	175,1	3,343	-1,7834	-1,7428	9,9	-23,2	6,695	-3,076	-2,9381
8,2	166,9	3,482	-1,8158	-1,8059					

Estudio del sistema H^+ -ácido picolínico -Ni(II)- cisteína, R= 1:1:2. Experimento 1.

Calibración

V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	309,4	10,0	269,1
2,0	303,1	12,0	253,4
4,0	296,6	14,0	219,9
6,0	289,3	14,5	195,7
8,0	280,5	<i>Eo preliminar</i>	369,45

Tabla 56. Datos experimentales para el estudio del sistema H^+ -ácido picolínico -Ni(II)- cisteína, R= 1:1:2. Experimento 1.

V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*	V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*
0	264,6	1,777	0,4177	0,3919	8,9	47,3	5,442	-1,2861	-1,4147
1,0	260,7	1,842	0,2535	0,2870	9,0	45,1	5,479	-1,3679	-1,4699
2,0	256,0	1,920	0,1482	0,1655	9,1	43,9	5,499	-1,4497	-1,5022
3,0	250,9	2,005	-0,0016	0,0412	9,2	42,6	5,521	-1,5316	-1,5390
4,0	244,4	2,114	-0,0978	-0,1067	9,3	40,5	5,557	-1,6134	-1,6022
5,0	236,7	2,243	-0,2368	-0,2651	9,4	38,2	5,596	-1,6953	-1,6763
5,5	231,0	2,339	-0,2404	-0,3708	9,5	36,3	5,628	-1,7771	-1,7408
6,0	225,1	2,438	-0,3093	-0,4692	9,6	34,1	5,665	-1,8589	-1,8186
6,5	219,0	2,541	-0,4358	-0,5593	9,7	32,3	5,696	-1,9408	-1,8840
7,0	210,3	2,687	-0,5337	-0,6686	9,8	31,3	5,712	-2,0227	-1,9206
7,2	205,2	2,773	-0,5568	-0,7222	10,0	26,3	5,797	-2,1864	-2,1055
7,4	200,9	2,845	-0,6206	-0,7625	10,2	21,4	5,880	-2,3501	-2,2788

7,6	193,6	2,969	-0,6465	-0,8209	10,4	16,3	5,966	-2,5139	-2,4402
7,7	189,7	3,035	-0,6691	-0,8473	10,6	10,3	6,067	-2,6776	-2,5975
7,8	184,2	3,128	-0,6808	-0,8796	10,8	3,3	6,186	-2,8414	-2,7348
7,9	181,3	3,177	-0,7315	-0,8944	10,9	0,3	6,236	-2,9232	-2,7802
8,0	165,4	3,445	-0,6909	-0,9551	11,0	-3,5	6,301	-3,0051	-2,8280
8,2	149,1	3,721	-0,7876	-0,9909	11,1	-8,9	6,392	-3,0870	-2,8808
8,3	112,4	4,341	-0,8115	-1,0262	11,2	-11,5	6,436	-3,1689	-2,9012
8,4	71,0	5,041	-0,8787	-1,1040	11,3	-17,8	6,542	-3,2508	-2,9406
8,5	61,0	5,210	-0,9594	-1,1832	11,4	-25,5	6,673	-3,3327	-2,9756
8,6	57,9	5,263	-1,0411	-1,2205	11,5	-37,5	6,875	-3,4146	-3,0161
8,7	53,7	5,334	-1,1227	-1,2840	11,6	-46,6	7,029	-3,4965	-3,0433
8,8	49,0	5,413	-1,2043	-1,3758	11,7	-60,8	7,269	-3,5784	-3,0902

Estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- cisteína, R= 1:1:2. Experimento 2.

Calibración

V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	311,9	10,0	272,7
2,0	305,4	12,0	257,0
4,0	299,1	14,0	216,3
6,0	292,3	14,5	165,0
8,0	283,4	E_o preliminar	372,70

Tabla 57. Datos experimentales para el estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- cisteína, R= 1:1:2. Experimento 2.

V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*	V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*
0	265,6	1,803	0,3218	0,3455	8,2	65,9	5,205	-1,1332	-1,1801
1,0	261,4	1,878	0,2302	0,2258	8,3	58,3	5,334	-1,2145	-1,2845
2,0	256,9	1,959	0,0882	0,1047	8,4	53,5	5,415	-1,2961	-1,3785
3,0	251,0	2,062	0,0152	-0,0411	8,5	50,0	5,474	-1,3778	-1,4629
4,0	244,7	2,172	-0,1652	-0,1821	8,6	47,7	5,513	-1,4596	-1,5256
5,0	236,4	2,315	-0,3285	-0,3469	8,7	45,4	5,552	-1,5414	-1,5940
5,5	230,8	2,411	-0,3925	-0,4448	8,8	43,2	5,589	-1,6232	-1,6643

6,0	224,9	2,512	-0,5089	-0,5364	8,9	41,5	5,618	-1,7051	-1,7213
6,5	216,1	2,663	-0,5822	-0,6523	9,0	39,1	5,658	-1,7869	-1,8055
6,6	214,0	2,698	-0,5990	-0,6765	9,2	35,7	5,716	-1,9507	-1,9294
6,8	210,3	2,761	-0,6605	-0,7160	9,4	32,0	5,778	-2,1144	-2,0663
7,0	205,1	2,850	-0,7020	-0,7653	9,6	27,6	5,853	-2,2781	-2,2249
7,2	200,3	2,931	-0,7729	-0,8048	9,8	23,1	5,929	-2,4419	-2,3745
7,4	191,6	3,079	-0,8051	-0,8636	10,0	17,5	6,023	-2,6056	-2,5347
7,5	185,9	3,176	-0,8218	-0,8944	10,1	15,3	6,061	-2,6875	-2,5888
7,6	181,9	3,243	-0,8660	-0,9128	10,2	12,6	6,106	-2,7694	-2,6484
7,7	176,5	3,336	-0,9049	-0,9343	10,3	10,2	6,147	-2,8513	-2,6953
7,8	166,7	3,501	-0,9288	-0,9642	10,4	6,6	6,208	-2,9332	-2,7558
7,9	155,9	3,684	-0,9677	-0,9873	10,5	2,2	6,282	-3,0150	-2,8155
8,0	117,9	4,326	-0,9857	-1,0257	10,6	-0,8	6,333	-3,0969	-2,8487
8,1	77,6	5,007	-1,0527	-1,0939					

Estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- histidina, R= 1:1:1. Experimento 1.

Calibración

V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	312,2	10,0	274,3
2,0	306,2	12,0	259,7
4,0	300,0	14,0	231,3
6,0	293	14,5	216,1
8,0	284,7	<i>Eo preliminar</i>	371,67

Tabla 58. Datos experimentales para el estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- histidina, R= 1:1:1. Experimento 1.

V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*	V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*
0	259,1	1,925	1,0195	1,0371	6,5	88,7	4,837	-0,5337	-0,4952
1,0	253,3	2,030	0,9331	0,9238	6,6	85,3	4,894	-0,6151	-0,5713
2,0	246,4	2,153	0,8097	0,7999	6,7	83,1	4,932	-0,6968	-0,6228
3,0	237,4	2,311	0,6647	0,6558	6,8	77,3	5,030	-0,7780	-0,7654
3,5	231,6	2,411	0,5855	0,5718	6,9	75,3	5,064	-0,8598	-0,8154

4,0	223,9	2,544	0,5185	0,4706	7,0	69,6	5,160	-0,9412	-0,9586
4,2	220,5	2,602	0,4767	0,4299	7,1	67,3	5,199	-1,0231	-1,0149
4,4	217,4	2,656	0,4105	0,3949	7,2	65,3	5,233	-1,1049	-1,0630
4,6	214,0	2,714	0,3416	0,3587	7,3	61,0	5,305	-1,1867	-1,1631
4,8	208,3	2,811	0,3133	0,3032	7,4	56,4	5,383	-1,2684	-1,2632
5,0	200,7	2,941	0,2900	0,2393	7,5	52,5	5,449	-1,3503	-1,3416
5,1	198,9	2,971	0,2352	0,2259	7,6	47,3	5,537	-1,4321	-1,4369
5,2	194,0	3,055	0,2196	0,1921	7,7	42,7	5,615	-1,5139	-1,5121
5,3	188,1	3,155	0,2027	0,1568	7,8	37,1	5,709	-1,5958	-1,5928
5,4	184,3	3,219	0,1552	0,1370	7,9	30,9	5,814	-1,6777	-1,6696
5,5	175,6	3,367	0,1359	0,0988	8,0	22,7	5,953	-1,7596	-1,7535
5,6	163,5	3,573	0,1126	0,0585	8,1	18,0	6,032	-1,8416	-1,7935
5,7	149,0	3,818	0,0725	0,0216	8,2	7,2	6,215	-1,9235	-1,8680
5,8	130,5	4,130	0,0189	-0,0304	8,3	0,7	6,325	-2,0056	-1,9027
5,9	123,7	4,245	-0,0568	-0,0597	8,4	-25,4	6,766	-2,0875	-1,9914
6,0	110,8	4,463	-0,1307	-0,1509	8,5	-194,1	9,618	-2,1695	-2,1486
6,1	107,2	4,524	-0,2111	-0,1885	8,6	-224,4	10,130	-2,2515	-2,3073
6,2	101,6	4,619	-0,2910	-0,2607	8,7	-231,8	10,255	-2,3336	-2,3731
6,3	99,1	4,661	-0,3723	-0,2986	8,8	-242,8	10,441	-2,4157	-2,4971
6,4	93,0	4,764	-0,4527	-0,4067	8,9	-249,8	10,559	-2,4977	-2,5949

Estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- histidina, R= 1:1:1. Experimento 2.

Calibración

V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	314,2	10,0	276,3
2,0	308,3	12,0	262,1
4,0	302,6	14,0	232,6
6,0	295,5	14,5	215,1
8,0	286,7	<i>Eo preliminar</i>	374,52

Tabla 59. Datos experimentales para el estudio del sistema H⁺ -ácido picolínico-Ni(II)-histidina, R= 1:1:1. Experimento 2.

V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*	V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*
0	259,6	1,930	1,0296	1,0308	6,4	89,9	4,798	-0,4884	-0,4461
1,0	253,5	2,033	0,9207	0,9200	6,5	84,8	4,884	-0,5694	-0,5570
2,0	246,0	2,159	0,8035	0,7943	6,6	82,4	4,924	-0,6510	-0,6128
2,5	241,6	2,233	0,7349	0,7246	6,7	78,4	4,992	-0,7324	-0,7099
3,0	236,2	2,324	0,6809	0,6436	6,9	72,2	5,097	-0,8957	-0,8651
3,5	231,2	2,409	0,5422	0,5737	7,0	67,2	5,181	-0,9773	-0,9899
4,0	223,3	2,542	0,4787	0,4717	7,1	65,3	5,213	-1,0592	-1,0360
4,2	219,9	2,600	0,4354	0,4316	7,2	59,5	5,311	-1,1408	-1,1717
4,4	217,0	2,649	0,3623	0,3992	7,3	56,5	5,362	-1,2226	-1,2374
4,6	211,6	2,740	0,3462	0,3429	7,4	52,0	5,438	-1,3044	-1,3296
4,8	207,0	2,818	0,2858	0,2995	7,5	47,1	5,521	-1,3862	-1,4208
5,0	197,0	2,987	0,2956	0,2190	7,6	43,0	5,590	-1,4681	-1,4897
5,1	194,4	3,031	0,2485	0,2012	7,7	37,6	5,682	-1,5500	-1,5707
5,2	189,1	3,121	0,2284	0,1682	7,8	33,3	5,754	-1,6319	-1,6275
5,3	185,4	3,183	0,1825	0,1478	7,9	27,8	5,847	-1,7139	-1,6915
5,4	177,5	3,317	0,1630	0,1107	8,0	18,1	6,011	-1,7958	-1,7837
5,5	165,7	3,516	0,1452	0,0683	8,1	10,5	6,140	-1,8777	-1,8402
5,6	158,8	3,633	0,0890	0,0487	8,2	-5,0	6,402	-1,9597	-1,9237
5,7	139,0	3,968	0,0526	-0,0005	8,3	-19,6	6,649	-2,0416	-1,9741
5,8	131,1	4,101	-0,0191	-0,0242	8,4	-153,2	8,907	-2,1236	-2,0843
5,9	112,0	4,424	-0,0860	-0,1298	8,5	-185,7	9,456	-2,2057	-2,1242
6,0	107,0	4,508	-0,1656	-0,1782	8,6	-215,3	9,957	-2,2877	-2,2361
6,1	103,4	4,569	-0,2462	-0,2208	8,7	-226,4	10,145	-2,3698	-2,3144
6,2	97,5	4,669	-0,3263	-0,3063	8,8	-238,3	10,346	-2,4518	-2,4296
6,3	93,5	4,737	-0,4072	-0,3758	8,9	-246,5	10,484	-2,5339	-2,5314

Estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- histidina, R= 1:2:1. Experimento 1.

Calibración

V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	309,5	10,0	270,3
2,0	303,6	12,0	254,0
4,0	297,3	14,0	215,7
6,0	289,7	14,5	177,8
8,0	281,0	<i>Eo preliminar</i>	369,97

Tabla 60. Datos experimentales para el estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- histidina, R= 1:2:1. Experimento 1.

V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*	V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*
0	255,2	1,967	0,8617	0,7630	7,1	64,1	5,186	-1,3456	-1,3875
1,0	249,9	2,054	0,6287	0,6220	7,2	58,5	5,281	-1,4270	-1,4657
2,0	243,3	2,164	0,4272	0,4559	7,3	55,7	5,328	-1,5087	-1,5055
2,5	239,4	2,229	0,3276	0,3627	7,4	47,1	5,473	-1,5901	-1,6288
3,0	235,7	2,290	0,1748	0,2781	7,5	44,3	5,521	-1,6719	-1,6681
3,5	230,7	2,374	0,0701	0,1679	7,6	38,3	5,622	-1,7535	-1,7508
4,0	224,6	2,476	-0,0312	0,0407	7,7	29,3	5,774	-1,8352	-1,8689
4,5	217,6	2,594	-0,1603	-0,0956	7,8	25,9	5,832	-1,9170	-1,9115
4,6	216,8	2,607	-0,2154	-0,1103	7,9	22,7	5,886	-1,9989	-1,9506
4,8	213,3	2,666	-0,2661	-0,1740	8,0	15,8	6,002	-2,0807	-2,0320
5,0	208,4	2,748	-0,2933	-0,2591	8,1	8,3	6,129	-2,1625	-2,1155
5,2	203,9	2,824	-0,3523	-0,3325	8,2	-1,4	6,293	-2,2443	-2,2158
5,4	200,3	2,885	-0,4445	-0,3878	8,3	-8,4	6,412	-2,3262	-2,2821
5,6	193,8	2,994	-0,4998	-0,4809	8,4	-13,9	6,505	-2,4081	-2,3305
5,7	190,1	3,057	-0,5308	-0,5297	8,5	-25,4	6,699	-2,4899	-2,4206
5,8	185,6	3,132	-0,5602	-0,5845	8,6	-40,4	6,952	-2,5718	-2,5174
5,9	180,2	3,223	-0,5891	-0,6451	8,7	-49,7	7,110	-2,6537	-2,5680
6,0	174,0	3,328	-0,6223	-0,7071	8,8	-70,5	7,461	-2,7356	-2,6662
6,1	169,9	3,397	-0,6779	-0,7438	8,9	-109,1	8,114	-2,8175	-2,8368
6,2	160,8	3,551	-0,7141	-0,8139	9,0	-134,8	8,548	-2,8995	-2,9457
6,3	154,2	3,663	-0,7716	-0,8560	9,1	-158,6	8,951	-2,9814	-3,0268

6,4	137,9	3,938	-0,8142	-0,9344	9,2	-179,9	9,311	-3,0633	-3,0817
6,5	114,2	4,339	-0,8693	-1,0119	9,3	-198,2	9,620	-3,1452	-3,1270
6,6	96,5	4,638	-0,9424	-1,0799	9,4	-215,6	9,914	-3,2271	-3,1849
6,7	90,7	4,736	-1,0225	-1,1132	9,5	-230,0	10,158	-3,3091	-3,2594
6,8	81,5	4,892	-1,1023	-1,1847	9,6	-241,8	10,357	-3,3910	-3,3512
6,9	74,2	5,015	-1,1829	-1,2600	9,7	-246,8	10,442	-3,4729	-3,4019
7,0	67,4	5,130	-1,2640	-1,3435	9,8	-258,1	10,633	-3,5548	-3,5492

Estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- histidina, R= 1:2:1. Experimento 2.

Calibración

V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	311,7	10,0	272,2
2,0	305,8	12,0	257,0
4,0	299,4	14,0	223,0
6,0	291,9	14,5	196,5
8,0	283,3	<i>Eo preliminar</i>	372,46

Tabla 61. Datos experimentales para el estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- histidina, R= 1:2:1. Experimento 2.

V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*	V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*
0	257,5	1,960	0,8572	0,7744	7,3	62,2	5,270	-1,4597	-1,4567
1,0	252,0	2,055	0,6828	0,6208	7,4	56,1	5,373	-1,5411	-1,5440
2,0	246,2	2,154	0,4238	0,4702	7,5	49,9	5,478	-1,6227	-1,6326
2,5	243,1	2,207	0,2714	0,3939	7,6	43,7	5,583	-1,7044	-1,7192
3,0	238,3	2,289	0,2195	0,2796	7,7	37,1	5,695	-1,7860	-1,8079
3,5	234,1	2,361	0,0725	0,1852	7,8	32,7	5,769	-1,8678	-1,8647
4,0	228,3	2,460	-0,0296	0,0611	7,9	26,4	5,875	-1,9496	-1,9431
4,5	222,1	2,565	-0,1756	-0,0628	8,0	19,5	5,992	-2,0314	-2,0249
5,0	213,1	2,718	-0,2930	-0,2278	8,1	14,7	6,073	-2,1132	-2,0792
5,2	209,7	2,775	-0,3702	-0,2853	8,2	4,8	6,241	-2,1951	-2,1846
5,4	204,4	2,865	-0,4180	-0,3700	8,3	-2,0	6,356	-2,2769	-2,2513
5,6	199,9	2,942	-0,5005	-0,4368	8,4	-12,2	6,528	-2,3588	-2,3421
5,8	192,7	3,064	-0,5586	-0,5349	8,5	-21,4	6,683	-2,4407	-2,4140
6,0	185,7	3,182	-0,6449	-0,6184	8,6	-37,1	6,949	-2,5225	-2,5161

6,1	180,5	3,270	-0,6810	-0,6736	8,7	-51,7	7,196	-2,6044	-2,5934
6,2	173,5	3,389	-0,7140	-0,7391	8,8	-77,9	7,639	-2,6864	-2,7124
6,3	169,7	3,453	-0,7746	-0,7705	8,9	-100,0	8,012	-2,7683	-2,8101
6,4	159,8	3,620	-0,8131	-0,8405	9,0	-120,3	8,355	-2,8502	-2,8991
6,5	145,6	3,860	-0,8557	-0,9152	9,1	-136,4	8,627	-2,9321	-2,9636
6,6	135,8	4,026	-0,9208	-0,9534	9,2	-161,1	9,045	-3,0140	-3,0424
6,7	110,4	4,455	-0,9797	-1,0343	9,3	-191,4	9,557	-3,0959	-3,1172
6,8	93,9	4,734	-1,0552	-1,1123	9,4	-214,6	9,949	-3,1779	-3,1937
6,9	83,4	4,912	-1,1347	-1,1957	9,5	-229,8	10,206	-3,2598	-3,2787
7,0	75,6	5,044	-1,2153	-1,2794	9,6	-241,8	10,409	-3,3417	-3,3814
7,1	71,8	5,108	-1,2968	-1,3262	9,7	-248,8	10,528	-3,4236	-3,4618
7,2	65,2	5,22	-1,3780	-1,4147	9,8	-255,8	10,646	-3,5055	-3,5613

Estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- histidina, R= 1:1:2. Experimento 1.

Calibración

V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)	V_{NaOH} (mL)	Potencial (mV)
0,0	312,1	10,0	272,8
2,0	305,9	12,0	256,3
4,0	299,1	14,0	217,4
6,0	291,9	14,5	179,8
8,0	283,9	<i>Eo preliminar</i>	372,32

Tabla 62. Datos experimentales para el estudio del sistema H^+ -ácido picolínico-Ni(II)- histidina, R= 1:1:2. Experimento 1.

V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*	V(mL)	E(mV)	pH	Z	Z*
0	242,8	2,206	2,4656	2,3749	6,0	59,3	5,244	-0,3703	-0,4011
1,0	234,1	2,336	2,1460	2,1943	6,1	56,9	5,285	-0,4520	-0,4688
1,5	228,9	2,416	1,9874	2,0864	6,2	53,2	5,347	-0,5337	-0,5683
2,0	221,9	2,526	1,8628	1,9446	6,3	50,5	5,393	-0,6154	-0,6368
2,2	218,9	2,573	1,8031	1,8859	6,5	44,9	5,488	-0,7789	-0,7682
2,4	215,5	2,628	1,7461	1,8212	6,6	41,0	5,554	-0,8607	-0,8520
2,6	211,4	2,694	1,6966	1,7460	6,8	33,7	5,677	-1,0243	-0,9948
2,8	207,3	2,761	1,6331	1,6739	6,9	30,3	5,735	-1,1061	-1,0562
3,0	200,3	2,875	1,6102	1,5620	7,0	25,4	5,817	-1,1879	-1,1408

3,1	197,1	2,927	1,5818	1,5152	7,1	22,2	5,871	-1,2697	-1,1939
3,2	193,8	2,981	1,5491	1,4698	7,2	18,5	5,934	-1,3516	-1,2538
3,3	189,0	3,061	1,5293	1,4092	7,3	13,8	6,013	-1,4334	-1,3280
3,4	184,7	3,132	1,4943	1,3603	7,4	9,3	6,090	-1,5153	-1,3973
3,5	179,1	3,225	1,4636	1,3037	7,5	4,2	6,176	-1,5971	-1,4741
3,6	169,3	3,389	1,4493	1,2225	7,6	-1,6	6,274	-1,6790	-1,5589
3,7	160,0	3,545	1,4120	1,1627	7,7	-6,0	6,348	-1,7609	-1,6209
3,8	150,7	3,701	1,3613	1,1149	7,8	-13,4	6,473	-1,8428	-1,7202
3,9	137,6	3,922	1,3083	1,0570	7,9	-18,8	6,565	-1,9247	-1,7877
4,0	125,4	4,127	1,2429	0,9972	8,0	-29,4	6,744	-2,0065	-1,9073
4,1	121,7	4,189	1,1646	0,9743	8,1	-38,2	6,892	-2,0884	-1,9932
4,2	115,1	4,301	1,0880	0,9237	8,2	-46,5	7,033	-2,1703	-2,0642
4,3	112,3	4,348	1,0079	0,8972	8,3	-58,2	7,231	-2,2523	-2,1516
4,4	108,0	4,421	0,9286	0,8492	8,4	-74,4	7,504	-2,3342	-2,2583
4,5	103,8	4,492	0,8487	0,7922	8,5	-90,5	7,777	-2,4161	-2,3612
4,6	100,7	4,544	0,7681	0,7429	8,6	-109,0	8,089	-2,4980	-2,4882
4,7	97,3	4,602	0,6875	0,6810	8,7	-119,8	8,272	-2,5799	-2,5685
4,8	94,6	4,648	0,6065	0,6259	8,8	-134,6	8,522	-2,6618	-2,6830
4,9	91,1	4,707	0,5257	0,5464	8,9	-145,8	8,711	-2,7437	-2,7687
5,0	87,3	4,771	0,4447	0,4501	9,0	-157,5	8,909	-2,8257	-2,8521
5,1	85,2	4,806	0,3633	0,3930	9,1	-168,7	9,099	-2,9076	-2,9227
5,2	81,6	4,867	0,2821	0,2891	9,2	-183,0	9,340	-2,9895	-2,9981
5,3	79,3	4,906	0,2007	0,2197	9,3	-199,4	9,618	-3,0714	-3,0689
5,4	76,9	4,947	0,1191	0,1454	9,4	-211,5	9,822	-3,1533	-3,1180
5,5	74,0	4,996	0,0377	0,0537	9,5	-225,3	10,055	-3,2353	-3,1815
5,6	71,4	5,040	-0,0439	-0,0292	9,6	-234,4	10,209	-3,3172	-3,2344
5,7	68,8	5,084	-0,1255	-0,1118	9,7	-244,5	10,380	-3,3991	-3,3106
5,8	66,3	5,126	-0,2071	-0,1904	9,8	-251,3	10,495	-3,4810	-3,3764
5,9	63,0	5,182	-0,2887	-0,2918					