

Densidades y propiedades volumétricas de la glicina en soluciones acuosas de tiosulfato de sodio pentahidratado ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) a diferentes temperaturas.

Densities and volumetric properties of glycine in aqueous solutions of sodium thiosulfate pentahydrate ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) at different temperatures.

Densidades e propriedades volumétricas da glicina em soluções aquosas de tiosulfato de sódio penta-hidratado ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) em diferentes temperaturas.

Manuel S. Páez^{1,2}, Plinio D. Cantero¹, Elfrin J. Marzola¹

Recibido: 20/10/12 – Aceptado: 13/12/12

RESUMEN

Se determinaron las densidades de la glicina en soluciones acuosas de tiosulfato de sodio pentahidratado ($0,01\text{-}2,0 \text{ mol kg}^{-1}$) usando un densímetro de tubo vibrador DMA 5000 a las temperaturas de (283,15; 288,15; 293,15; 298,15; 303,15; 308,15; 313,15 y 318,15) K y 101,1 Kpa. Se calcularon los volúmenes molares aparentes (V_ϕ), los volúmenes molares aparentes a dilución infinita (V_ϕ^∞), la pendiente experimental (S_V^*), los volúmenes estándares de transferencia ($\Delta trV_{2,m}^\circ$), las expansibilidades molares parciales a dilución infinita (V_E^∞), la segunda derivada del volumen molar aparente a dilución infinita con respecto a la temperatura $(\partial^2 V_\phi^\infty / \partial T^2)_P$ y los números de hidratación (n_H). Los valores obtenidos para estos parámetros se

analizaron en términos de las interacciones que ocurren a nivel de la solución. Adicionalmente, los valores de $\Delta trV_{2,m}^\circ$ se interpretaron en función de las interacciones soluto-cosoluto de acuerdo al modelo de la coesfera y calculándose a partir de estos los parámetros de interacción volumétricos dobles V_{AB} y triples V_{ABB} , usando la teoría de McMillan-Mayer. Los valores de $\Delta trV_{2,m}^\circ$ son positivos y aumentan con el aumento de la molalidad del $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, mientras que los valores de $(\partial^2 V_\phi^\infty / \partial T^2)_P$ son negativos en todas las concentraciones de solvente mixto; lo que sugiere que a nivel de la solución se favorecen las interacciones soluto-solvente y que la glicina actúa como un disruptor de la estructura de las soluciones acuosas de tiosulfato de sodio pentahidratado.

1 Universidad de Córdoba, Departamento de Química, Facultad de Ciencias Básicas. Cra. 6 nro. 76-103 km 3, vía Cereté, Montería, Córdoba, Colombia.

2 mspaezm@unal.edu.co, mspaezm@gmail.com

Palabras clave: densidad, glicina, interacciones soluto-solvente, modelo de la coesfera, parámetros de interacción volumétricos.

Key words: density, glycine, solute-solvent interactions, the model of co-sphere volumetric interaction parameters.

ABSTRACT

Densities of glycine in aqueous solutions sodium thiosulfate pentahydrate ($0,01-2,0 \text{ mol kg}^{-1}$) were determined using a vibrating-tube densimeter DMA 5000, at temperatures of (283,15; 288,15; 293,15; 298,15; 303,15; 308,15; 313,15 and 318,15) K and 101,1 Kpa. Apparent molar volumes (V_{ϕ}), apparent molar volumes at infinite dilution (V_{ϕ}^{∞}), experimental slope (S_V^*), standard partial molar volumes of transfer ($\Delta trV_{2,m}^{\circ}$), partial molar expansivities at infinite dilution (V_E^{∞}), second derivative apparent molar volume at infinite dilution with respect to temperature ($\partial^2 V_{\phi}^{\infty} / \partial T^2$)_p and hydration numbers (n_H) were calculated. The values obtained for these parameters were discussed in terms of the interactions present in solution. Additionally, values of $\Delta trV_{2,m}^{\circ}$, have been interpreted in terms of solute-cosolute interactions on the basis of a cosphere overlap model and calculated from these parameters the double V_{AB} and triple V_{ABB} volumetric interaction, using the McMillan-Mayer theory. The values of $\Delta trV_{2,m}^{\circ}$ are positive and increase with the increase of $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ molality, while negative values of ($\partial^2 V_{\phi}^{\infty} / \partial T^2$)_p are all mixed solvent concentrations, suggesting that the level of solution are favored and solute-solvent interactions that glycine acts as a disruptor of the structure of the aqueous solutions of sodium thiosulfate pentahydrate.

RESUMO

As densidades foram determinados do glicina em soluções aquosas pentahydrate tiosulfato de sódio ($0,01-2,0 \text{ mol kg}^{-1}$) em temperaturas de (283,15; 288,15; 293,15; 298,15; 303,15; 308,15; 313,15 and 318,15) K 101,1 Kpa, usando um tubo vibrando densímetro DMA 5000. Foram calculados volumes molares aparentes (V_{ϕ}), volume aparente molar a diluição infinita (V_{ϕ}^{∞}), inclinação experimental (S_V^*), transferir volume padrão ($\Delta trV_{2,m}^{\circ}$), expansividades molar-resparciais à diluição infinita (V_E^{∞}), segundo volume aparente derivado molar a diluição infinita em relação à temperatura ($\partial^2 V_{\phi}^{\infty} / \partial T^2$)_p e números de hidratação (n_H). Os valores obtidos para os parâmetros foram analisados em termos das interações que ocorrem na solução de. Além disso, os valores de $\Delta trV_{2,m}^{\circ}$ foram interpretados de acordo com as interações soluto-cosoluto de acordo com o modelo de coesfera e calcular a partir destes parâmetros dos duplos V_{AB} e triplos V_{ABB} interação volumétricas, utilizando a teoria da McMillan-Mayer. $\Delta trV_{2,m}^{\circ}$ valores são positivos e aumenta com o aumento da molalidade $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ enquanto ($\partial^2 V_{\phi}^{\infty} / \partial T^2$)_p são valores negativos em todas as concentrações de solvente misto, sugerindo que o nível da solução é de interações favoráveis soluto-solvente e que a glicina actua como um disruptor da estrutura das soluções aquosas de tiosulfato de sódio penta-hidratado.

Palavras-chave: densidade, glycine, interações soluto-solvente, o modelo de coesfera volumétrico parâmetros interação.

INTRODUCCIÓN

Las proteínas y sus unidades estructurales (aminoácidos) son uno de los sistemas que más han fascinado a la comunidad científica debido al papel que desempeñan en los procesos biológicos, a su alta especificidad catalítica, su estructura tridimensional y a su auto-organización en dicha estructura (1). Es por ello, que propiedades como la estabilidad conformacional, solubilidad, actividad enzimática, disociación en subunidades, desnaturalización, separación y purificación de estas macromoléculas son claramente influidas por diversas interacciones moleculares entre los grupos funcionales presentes que son direccionados por factores como la temperatura, presencia de sustancias de baja masa molar como sustratos, coenzimas, inhibidores y activadores que específicamente ligan a la estructura nativa y el medio en el cual se encuentran disueltas (2, 3).

Uno de los medios que tiene grandes efectos sobre las propiedades anteriormente mencionadas son las soluciones salinas; sin embargo, el estudio del comportamiento termodinámico de las proteínas en medios salinos resulta fundamentalmente complejo, debido a que se rige por muchas interacciones entre ellas las fuerzas electrostáticas inducidas por sales, donde la naturaleza de estas interacciones depende de la magnitud relativa de la electrostricción causada por el extremo de los grupos polares, estabilidad de la estructura debida a la influen-

cia de la hidrofobicidad de los grupos alquilo y la magnitud de interacciones entre los grupos hidrófobos presentes en los aminoácidos (2, 4). Se ha encontrado, por ejemplo que los electrolitos cuando son disueltos en agua perturban el orden de las moléculas de agua por el fuerte campo eléctrico de los iones constituyentes. Así mismo, se ha demostrado experimentalmente que las soluciones salinas tienen un efecto negativo sobre las propiedades y la estabilidad estructural de las proteínas, por ejemplo una alta concentración de sulfato de sodio (Na_2SO_4), acetato de sodio (CH_3COONa) y sulfato de magnesio (MgSO_4) estabilizan las proteínas, mientras que sales tales como MgCl_2 , CaCl_2 y KSCN desnaturalizan las proteínas generando así cambios de volumen en el sistema (5, 6). Es por ello que muchos investigadores (5-10) se han interesado en indagar el papel que juegan las sustancias electrolíticas sobre las unidades más pequeñas de estas macromoléculas biológicas como es el caso de los aminoácidos y así determinar el efecto que causa la adición de electrolitos sobre la estabilidad conformacional, solubilidad, actividad enzimática, disociación en subunidades y desnaturalización, entre otras propiedades de las proteínas. En este sentido, las propiedades volumétricas son útiles para determinar el efecto que causa la adición de una sal sobre el comportamiento de los aminoácidos; siendo esta información de gran importancia para el estudio de la hidratación de péptidos y proteínas en medios salinos (11, 12). Por tal motivo, en este trabajo se reportan las densidades (ρ) de glicina en diferentes molalidades de tiosulfato de sodio pentahidratado ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) a una presión atmosférica de 101,1 Kpa

a las temperaturas de (283,15; 288,15; 293,15; 298,15; 303,15; 308,15; 313,15 y 318,15) K. Los valores experimentales de ρ se usaron para calcular los volúmenes molares aparentes (V_ϕ), los volúmenes molares aparentes a dilución infinita (V_ϕ^∞), la pendiente experimental (S_V^*), los volúmenes estándares de transferencia ($\Delta trV_{2,m}^\circ$), las expansibilidades molares parciales a dilución infinita (V_E^∞), la segunda derivada del volumen molar aparente a dilución infinita con respecto a la temperatura ($\partial^2 V_\phi^\infty / \partial T^2$)_P y los números de hidratación (n_H). El comportamiento de estos parámetros con la concentración y la temperatura se analizaron en términos de las interacciones que ocurren en la solución.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los reactivos empleados son los siguientes: glicina (99% de pureza, Alfa Aesar), tiosulfato de sodio pentahidratado (99% de pureza, Merck), la glicina fue doblemente recristalizada desde soluciones acuosas de etanol y secada al vacío sobre P₂O₅. El agua usada fue desgasificada, doblemente destilada y desionizada garantizando una conductividad menor de 2 μ S cm⁻¹.

Las soluciones se prepararon por el método gravimétrico usando una balanza (OHAUS, modelo Explorer) con una sensibilidad de $\pm 1 \times 10^{-4}$ g en botellas herméticamente cerradas para evitar pérdida por evaporación de alguno de los componentes. Las densidades de los líquidos puros y/o mezclas se determinaron usando un densímetro de tubo vibratorio (Anton Paar, DMA 5000, Austria). La densidad del líquido puro y/o la

solución problema (ρ) está dada por la ecuación [1].

$$\rho = A + B\tau^2 \quad [1]$$

donde A y B son constantes internas del densímetro que dependen de la geometría de la celda que contiene la muestra y τ , es el periodo de oscilación del líquido y/o la solución problema. La incertidumbre experimental en la determinación de las densidades es del orden de $\pm 1 \times 10^{-6}$ g/cm³. El densímetro fue calibrado con aire seco y agua bidestilada y desgasificada como líquido puro de referencia. Esta calibración se verificó mediante la determinación de las densidades de soluciones acuosas de glicina, las cuales se presentan en la Tabla 1 junto con los valores reportados por otros investigadores, observándose que estas se encuentran en buen acuerdo con los valores reportados en la literatura; lo que garantiza la confiabilidad de las mediciones experimentales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las densidades (ρ) obtenidas en este trabajo desde 283,15K hasta 318,15K para las diferentes concentraciones de glicina y tiosulfato de sodio pentahidratado se muestran en la Tabla 1.

Los volúmenes molares aparentes fueron calculados usando la ecuación [2]

$$V_\phi = \frac{M_2}{\rho} - \frac{1000(\rho - \rho_0)}{m\rho\rho_0} \quad [2]$$

donde M_2 , ρ , m , ρ_0 son la masa molar del soluto (g mol⁻¹), la densidad de la solución (g cm⁻³), la molalidad de la solución (mol kg⁻¹), y la densidad del sol-

Tabla 1. Densidades de las soluciones acuosas de glicina y comparación con los valores disponibles en la literatura a las temperaturas de (288,15; 298,15; 308,15 y 318,15) K

ρ / gcm^{-3}				
Mezcla Glicina + H ₂ O				
T/K	m(mol kg ⁻¹)	Experimental \pm 0,00001	m(mol kg ⁻¹)	Literatura
288,15	0,0299	1,00007	0,0322	1,000146 (13)
	0,0799	1,00168	0,07326	1,001512 (14)
	0,1001	1,00234	0,1003	1,002312 (13)
	0,2999	1,00867	0,3024	1,008731 (13)
298,15	0,0299	0,99927	0,0310	0,998018 (13)
	0,0799	1,00009	0,07547	0,999434 (14)
	0,4003	1,01078	0,4048	1,009618 (13)
	0,5000	1,01378	0,4937	1,012146 (13)
308,15	0,0299	0,99496	0,0322	0,995038 (13)
	0,1001	0,99715	0,1003	0,997108 (13)
	0,2007	1,00025	0,2043	1,000296 (13)
	0,2999	1,00326	0,30173	0,999939 (14)
	0,5000	1,00923	0,45862	1,004653 (14)
318,15	0,0799	0,99265	0,07830	0,992665 (14)
	0,5000	1,00514	0,48090	1,004790 (14)

vente respectivamente. Los valores obtenidos de los volúmenes molares aparentes (V_{ϕ}) en el intervalo de temperaturas de estudio a las distintas concentraciones de aminoácido y la sal se reportan en la Tabla 2. Las incertidumbres en los valores de V_{ϕ} en el sistema binario así como en el sistema pseudobinario son del orden de $\pm 0,01cm^3 mol^{-1}$.

En la Tabla 2 se puede observar que las densidades del sistema pseudobinario (glicina + soluciones acuosas de tiosulfato de sodio pentahidratado) disminuyen con el aumento de la temperatura y se incrementan con el aumento de la concentración del aminoácido y del solvente mixto. Los valores de V_{ϕ} incrementan con el aumento de la concentración de las

soluciones de $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ y disminuyen con el aumento de la concentración de glicina; este comportamiento podría indicar un favorecimiento de las interacciones soluto-solvente con el aumento de la composición del solvente mixto (8).

Los valores de V_{ϕ} se representados adecuadamente por la ecuación [3]

$$V_{\phi} = V_{\phi}^{\infty} + S_V^* m \quad [3]$$

donde V_{ϕ}^{∞} es el volumen molar aparente a dilución infinita, m es la molalidad de la solución, S_V^* es la pendiente experimental y representa el cambio en el volumen molar aparente con la molalidad a temperatura y presión constantes. Los valores de V_{ϕ}^{∞} y S_V^* se obtuvieron a tra-

vés del método de los mínimos cuadrados y se registraron en la Tabla 3 junto con sus respectivas incertidumbres. La gráfica de V_ϕ contra m manifiesta un comportamiento lineal en todos los casos aproximadamente a partir de 0,2000 m de glicina, excepto en la composición de solvente mixto de 2,0000 m donde ocurre a partir de 0,1007 m de glicina. Una ilustración del comportamiento de V_ϕ

contra m a diferentes concentraciones de glicina y 0,2000 m de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ se muestra en la Figura 1.

A concentraciones inferiores a 0,2000 m de glicina aproximadamente ocurre un comportamiento abrupto del volumen molar aparente en función de la molaridad, manifestándose tendencias muy bien definidas a alta dilución primando

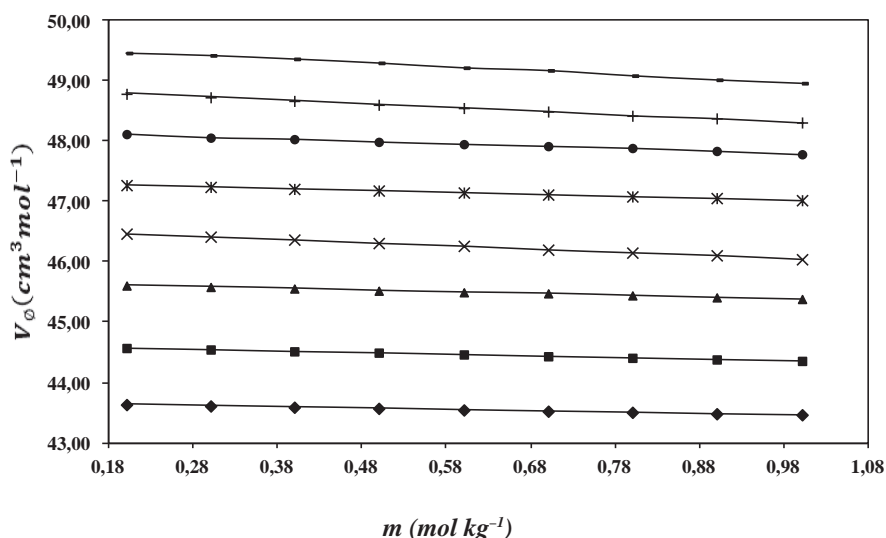


Figura 1. Volumen molar aparente de la glicina contra m (mol kg⁻¹) en 0,2000 m de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ a las temperaturas de (◆283,15; ■ 288,15; ▲ 293,15; *298,15; *303,15; ●308,15; +313,15; -318,15) K

otro tipo de interacciones y son las debidas a interacciones entre la cadena apolar de la glicina y el agua; conocidas como interacciones de tipo hidrofóbico bastante importantes en los procesos de estabilidad de macromoléculas de interés biológico (15).

En la Tabla 3, se observa que los valores de V_ϕ^∞ son positivos y aumentan con el incremento de la molalidad

del $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; este comportamiento se asocia con el favorecimiento de interacciones fuertes soluto-solvente en ausencia de las interacciones ion-ion en el estado de dilución infinita (16,17). De esta forma a pH neutro (como es el caso de nuestro sistema de estudio) los aminoácidos existen como zwitterions y por ello la presencia de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ puede afectar las esferas de hidratación de los grupos terminales cargados de los zwitter-

Tabla 2. Densidades y volúmenes molares aparentes de la glicina en soluciones acuosas de tiosulfato de sodio pentahidratado desde 283,15K hasta 318,15K.

m (mol·kg ⁻¹)	283,15 K		288,15 K		293,15 K		298,15 K	
	ρ (g·cm ⁻³)	Vφ (cm ³ ·mol ⁻¹)	ρ (g·cm ⁻³)	Vφ (cm ³ ·mol ⁻¹)	ρ (g·cm ⁻³)	Vφ (cm ³ ·mol ⁻¹)	ρ (g·cm ⁻³)	Vφ (cm ³ ·mol ⁻¹)
	Glicina + 0,01 mol kg⁻¹ Na₂S₂O₃ · 5 H₂O							
0,0000	1,001029		1,000406		0,999493		0,998320	
0,0107	1,001361	44,01	1,000733	44,49	0,999817	44,78	0,998640	45,17
0,0200	1,001658	43,58	1,001026	44,04	1,000105	44,45	0,998924	44,87
0,0300	1,001976	43,46	1,001339	43,92	1,000421	44,11	0,999231	44,69
0,0504	1,002627	43,29	1,001980	43,77	1,001055	44,01	0,999858	44,50
0,0814	1,003616	43,17	1,002956	43,63	1,002012	44,02	1,000807	44,43
0,1010	1,004239	43,13	1,003570	43,60	1,002618	44,00	1,001403	44,43
0,2004	1,007376	43,11	1,006661	43,58	1,005670	43,98	1,004423	44,37
0,2999	1,010486	43,12	1,009727	43,58	1,008690	44,01	1,007419	44,35
0,4008	1,013618	43,11	1,012813	43,57	1,011736	43,99	1,010436	44,33
0,5003	1,016683	43,09	1,015834	43,55	1,014714	43,98	1,013390	44,30
0,6007	1,019753	43,08	1,018860	43,54	1,017697	43,97	1,016348	44,28
0,6993	1,022743	43,07	1,021809	43,53	1,020604	43,96	1,019234	44,26
0,8007	1,025795	43,06	1,024820	43,51	1,023571	43,95	1,022181	44,24
0,8992	1,028738	43,05	1,027722	43,50	1,026430	43,94	1,025022	44,22
0,9998	1,031720	43,04	1,030662	43,49	1,029329	43,93	1,027904	44,20

	303,15 K	308,15 K	313,15 K	318,15 K
0,0000	0,996912	0,995285	0,993461	0,991449
0,0107	0,997228	45,57	0,993773	46,01
0,0200	0,997506	45,37	0,994047	45,85
0,0300	0,997808	45,20	0,994343	45,73
0,0504	0,998423	45,06	0,994953	45,50
0,0814	0,999365	44,87	0,995883	45,31
0,1010	0,999961	44,79	0,996471	45,23
0,2004	1,002955	44,69	0,999424	45,15
0,2999	1,005925	44,66	1,002353	45,12
0,4008	1,008917	44,63	1,005299	45,10
0,5003	1,011849	44,59	1,008184	45,08
0,6007	1,014785	44,56	1,011075	45,06
0,6993	1,017655	44,53	1,013893	45,03
0,8007	1,020583	44,50	1,016773	45,01
0,8992	1,023414	44,46	1,019551	44,98
0,9998	1,026273	44,44	1,022370	44,96
Glicina + 0,03 mol kg⁻¹ Na₂S₂O₃ · 5 H₂O				
	283,15 K	288,15 K	293,15 K	298,15 K
0,0000	1,003727	1,003064	1,002118	1,000917
0,0100	1,004036	44,09	1,002419	44,92
0,0200	1,004352	43,73	1,002727	44,55
0,0307	1,004691	43,58	1,003059	44,36

0.0505	1,005317	43,47	1,004635	43,86	1,003676	44,12	1,002449	44,65	
0.0807	1,006280	43,28	1,005579	43,75	1,004607	44,09	1,003374	44,50	
0.1003	1,006900	43,25	1,006193	43,70	1,005209	44,09	1,003971	44,47	
0.2017	1,010085	43,23	1,009333	43,68	1,008303	44,10	1,007044	44,41	
0.3000	1,013146	43,22	1,012351	43,67	1,011280	44,10	1,009996	44,39	
0.4009	1,016266	43,21	1,015425	43,66	1,014313	44,08	1,013003	44,37	
0.4999	1,019305	43,19	1,018416	43,65	1,017264	44,08	1,015929	44,36	
0.6005	1,022367	43,18	1,021432	43,64	1,020239	44,07	1,018883	44,34	
0.7025	1,025452	43,16	1,024464	43,63	1,023232	44,06	1,021853	44,33	
0.8003	1,028388	43,14	1,027350	43,62	1,026079	44,04	1,024686	44,30	
0.9001	1,031362	43,13	1,030274	43,61	1,028962	44,03	1,027544	44,29	
0.9998	1,034307	43,12	1,033171	43,60	1,031822	44,02	1,030386	44,28	
303,15 K				308,15 K				313,15 K	
0.0000	0,999785		0,997838		0,995997		0,993971		
0.0100	1,000079	45,61	0,998130	45,92	0,996288	46,03	0,994259	46,36	
0.0200	1,000378	45,41	0,998425	45,74	0,996580	45,94	0,994548	46,27	
0.0307	1,000699	45,26	0,998744	45,56	0,996896	45,82	0,994862	46,12	
0.0505	1,001295	45,11	0,999338	45,33	0,997485	45,60	0,995446	45,90	
0.0807	1,002210	44,92	1,000252	45,08	0,998388	45,40	0,996344	45,65	
0.1003	1,002803	44,84	1,000841	45,02	0,998974	45,32	0,996927	45,56	
0.2017	1,005846	44,75	1,003862	44,96	1,001977	45,21	0,999912	45,44	
0.3000	1,008769	44,73	1,006767	44,94	1,004858	45,20	1,002774	45,42	
0.4009	1,011751	44,69	1,009728	44,91	1,007797	45,16	1,005689	45,40	

0,4999	1,014657	44,66	1,012612	44,89	1,010655	45,15	1,008526	45,39			
0,6005	1,017586	44,63	1,015523	44,86	1,013543	45,12	1,011391	45,37			
0,7025	1,020544	44,60	1,018457	44,83	1,016444	45,10	1,014271	45,35			
0,8003	1,023354	44,57	1,021245	44,81	1,019207	45,09	1,017011	45,33			
0,9001	1,026209	44,54	1,024078	44,78	1,022012	45,06	1,019788	45,32			
0,9998	1,029042	44,51	1,026885	44,75	1,024786	45,04	1,022538	45,30			
m (mol·kg⁻¹)	ρ (g·cm⁻³)	Vϕ (cm³·mol⁻¹)	ρ (g·cm⁻³)	Vϕ (cm³·mol⁻¹)	ρ (g·cm⁻³)	Vϕ (cm³·mol⁻¹)	ρ (g·cm⁻³)	Vϕ (cm³·mol⁻¹)			
Glicina + 0,08 mol kg⁻¹ Na₂S₂O₃ · 5 H₂O											
283,15 K			288,15 K			293,15 K			298,15 K		
0,0000	1,010162	1,009407	1,008384	1,007116							
0,0103	1,010479	44,14	1,009719	44,64	1,008691	45,08	1,007420	45,38			
0,0200	1,010782	43,89	1,010020	44,25	1,008989	44,68	1,007711	45,20			
0,0303	1,011106	43,74	1,010342	44,04	1,009305	44,51	1,008020	45,08			
0,0499	1,011725	43,55	1,010952	43,92	1,009909	44,33	1,008617	44,82			
0,0804	1,012683	43,48	1,011897	43,87	1,010841	44,29	1,009541	44,69			
0,1006	1,013317	43,45	1,012519	43,87	1,011456	44,28	1,010151	44,66			
0,2006	1,016430	43,43	1,015590	43,85	1,014485	44,27	1,013163	44,55			
0,3006	1,019516	43,42	1,018633	43,85	1,017489	44,26	1,016144	44,53			
0,4006	1,022576	43,41	1,021650	43,84	1,020473	44,24	1,019102	44,51			
0,5003	1,025603	43,41	1,024633	43,84	1,023422	44,23	1,022032	44,49			
0,6000	1,028605	43,40	1,027591	43,84	1,026350	44,21	1,024942	44,46			
0,7002	1,031598	43,39	1,030541	43,83	1,029272	44,19	1,027846	44,44			
0,8005	1,034569	43,39	1,033467	43,83	1,032172	44,18	1,030728	44,42			

0,9005	1,037508	43,38	1,036363	43,82	1,035047	44,16	1,033585	44,39
1,0004	1,040422	43,37	1,039231	43,82	1,037893	44,15	1,036419	44,37
303,15 K		308,15 K		313,15 K		318,15 K		
0,0000	1,005626		1,003931		1,002048		0,999988	
0,0103	1,005928	45,61	1,004230	45,95	1,002346	46,11	1,000281	46,57
0,0200	1,006216	45,43	1,004516	45,75	1,002629	45,95	1,000559	46,48
0,0303	1,006524	45,30	1,004821	45,60	1,002931	45,84	1,000857	46,36
0,0499	1,007113	45,12	1,005407	45,36	1,003512	45,64	1,001427	46,16
0,0804	1,008033	44,94	1,006325	45,13	1,004418	45,45	1,002322	45,93
0,1006	1,008640	44,89	1,006928	45,08	1,005019	45,37	1,002915	45,84
0,2006	1,011623	44,82	1,009889	45,04	1,007955	45,32	1,005834	45,66
0,3006	1,014582	44,79	1,012824	45,02	1,010872	45,28	1,008715	45,64
0,4006	1,017521	44,76	1,015740	45,00	1,013777	45,23	1,011572	45,63
0,5003	1,020432	44,73	1,018623	44,98	1,016645	45,20	1,014401	45,60
0,6000	1,023325	44,69	1,021483	44,97	1,019501	45,16	1,017206	45,59
0,7002	1,026212	44,66	1,024342	44,94	1,022356	45,12	1,020007	45,57
0,8005	1,029081	44,64	1,027177	44,92	1,025197	45,08	1,022791	45,55

0,9005	1,031926	44,60	1,029983	44,91	1,028007	45,04	1,025540	45,53
1,0004	1,034753	44,57	1,032765	44,89	1,030805	45,00	1,028271	45,51
Glicina + 0,2 mol kg⁻¹ Na₂S₂O₃ · 5 H₂O								
283,15 K		288,15 K		293,15 K		298,15 K		
0,0000	1,025054		1,024899		1,023697		1,022275	
0,0098	1,025351	44,34	1,025187	45,25	1,023961	47,57	1,022533	48,20
0,0200	1,025664	44,19	1,025488	45,19	1,024244	47,20	1,022806	48,00
0,0298	1,025964	44,15	1,025778	45,13	1,024528	46,70	1,023075	47,70
0,0499	1,026586	43,95	1,026378	44,96	1,025108	46,29	1,023640	47,20
0,0809	1,027544	43,83	1,027292	44,85	1,026021	45,82	1,024512	46,87
0,1007	1,028158	43,77	1,027900	44,74	1,026602	45,67	1,025078	46,67
0,2010	1,031250	43,64	1,030898	44,57	1,029482	45,61	1,027886	46,47
0,3006	1,034286	43,61	1,033838	44,55	1,032317	45,59	1,030642	46,42
0,3997	1,037285	43,59	1,036744	44,52	1,035117	45,56	1,033369	46,37
0,4997	1,040288	43,57	1,039653	44,50	1,037928	45,52	1,036111	46,31
0,6005	1,043297	43,55	1,042569	44,47	1,040737	45,50	1,038853	46,27
0,7004	1,046256	43,53	1,045439	44,44	1,043495	45,48	1,041568	46,20
0,8001	1,049185	43,51	1,048282	44,41	1,046240	45,45	1,044255	46,15
0,9000	1,052103	43,48	1,051112	44,38	1,048972	45,41	1,046929	46,11
1,0011	1,055030	43,47	1,053953	44,36	1,051713	45,39	1,049640	46,04
303,15 K		308,15 K		313,15 K		318,15 K		
0,0000	1,020652		1,018845		1,016863		1,014718	
0,0098	1,020900	49,28	1,019080	50,52	1,017080	52,35	1,014924	53,54

0,0200	1,021164	48,95	1,019337	49,97	1,017321	51,64	1,015148	53,06
0,0298	1,021422	48,70	1,019584	49,74	1,017571	50,80	1,015379	52,40
0,0499	1,021973	48,08	1,020113	49,14	1,018092	49,95	1,015873	51,44
0,0809	1,022825	47,67	1,020943	48,60	1,018933	48,98	1,016679	50,34
0,1007	1,023373	47,49	1,021477	48,38	1,019454	48,82	1,017189	50,03
0,2010	1,026101	47,27	1,024126	48,12	1,022015	48,79	1,019742	49,46
0,3006	1,028772	47,24	1,026724	48,06	1,024549	48,73	1,022206	49,42
0,3997	1,031412	47,21	1,029281	48,04	1,027058	48,67	1,024650	49,37
0,4997	1,034055	47,18	1,031853	47,99	1,029580	48,61	1,027107	49,30
0,6005	1,036703	47,15	1,034426	47,95	1,032104	48,55	1,029582	49,22
0,7004	1,039310	47,12	1,036955	47,92	1,034596	48,49	1,032003	49,18
0,8001	1,041894	47,09	1,039462	47,89	1,037081	48,42	1,034439	49,09
0,9000	1,044461	47,06	1,041973	47,84	1,039539	48,38	1,036858	49,02
1,0011	1,047049	47,02	1,044505	47,79	1,042035	48,31	1,039284	48,96
Glicina + 0,4 mol kg⁻¹ Na₂S₂O₃ · 5 H₂O								
283,15 K			293,15 K			298,15 K		
0,0000	1,048765		1,047530		1,046093		1,044166	
0,0102	1,049037	47,30	1,047794	48,08	1,046350	48,76	1,044421	48,98
0,0205	1,049328	46,60	1,048070	47,64	1,046616	48,42	1,044681	48,84
0,0303	1,049616	46,00	1,048344	47,16	1,046880	48,00	1,044935	48,57
0,0499	1,050187	45,60	1,048906	46,47	1,047426	47,29	1,045453	48,18
0,0795	1,051063	45,20	1,049752	46,10	1,048259	46,77	1,046238	47,89
0,1007	1,051684	45,10	1,050352	46,00	1,048841	46,70	1,046806	47,73

0.2010	1,054590	44,98	1,053186	45,77	1,051562	46,65	1,049433	47,62
0.3006	1,057440	44,97	1,055957	45,75	1,054244	46,62	1,052020	47,57
0.4002	1,060265	44,96	1,058708	45,72	1,056919	46,56	1,054588	47,53
0.4999	1,063068	44,95	1,061440	45,70	1,059561	46,54	1,057148	47,49
0.6006	1,065876	44,94	1,064179	45,68	1,062220	46,51	1,059714	47,44
0.7001	1,068627	44,93	1,066871	45,64	1,064836	46,47	1,062235	47,40
0.8011	1,071396	44,93	1,069581	45,62	1,067469	46,43	1,064776	47,36
0.8998	1,074080	44,92	1,072204	45,60	1,070028	46,39	1,067242	47,33
0.9992	1,076759	44,91	1,074833	45,57	1,072588	46,36	1,069716	47,28
	303,15 K		308,15 K		313,15 K		318,15 K	
0.0000	1,042664		1,040698		1,038581		1,036316	
0.0102	1,042897	50,95	1,040925	51,53	1,038787	53,57	1,036499	55,75
0.0205	1,043150	50,17	1,041168	50,95	1,039007	53,01	1,036702	54,88
0.0303	1,043394	49,79	1,041405	50,57	1,039236	52,21	1,036912	54,09
0.0499	1,043895	49,24	1,041898	49,87	1,039698	51,47	1,037341	53,26
0.0795	1,044657	48,84	1,042618	49,75	1,040427	50,66	1,038061	51,91
0.1007	1,045195	48,76	1,043130	49,72	1,040927	50,57	1,038564	51,54
0.2010	1,047714	48,65	1,045531	49,70	1,043263	50,46	1,040850	51,21
0.3006	1,050186	48,63	1,047892	49,69	1,045556	50,43	1,043064	51,20
0.4002	1,052638	48,61	1,050231	49,68	1,047835	50,40	1,045256	51,20

0,4999	1,055074	48,59	1,052551	49,68	1,050106	50,35	1,047431	51,19			
0,6006	1,057516	48,56	1,054873	49,67	1,052378	50,32	1,049606	51,18			
0,7001	1,059911	48,54	1,057146	49,66	1,054613	50,27	1,051736	51,17			
0,8011	1,062317	48,52	1,059432	49,65	1,056864	50,24	1,053877	51,16			
0,8998	1,064658	48,49	1,061645	49,64	1,059059	50,19	1,055950	51,15			
0,9992	1,066995	48,47	1,063855	49,63	1,061254	50,15	1,058016	51,15			
m (mol·kg⁻¹)	ρ (g·cm⁻³)	Vφ (cm³·mol⁻¹)	ρ (g·cm⁻³)	Vφ (cm³·mol⁻¹)	ρ (g·cm⁻³)	Vφ (cm³·mol⁻¹)	ρ (g·cm⁻³)	Vφ (cm³·mol⁻¹)			
Glicina + 0,6 mol kg⁻¹ Na₂S₂O₃ · 5 H₂O											
283,15 K			288,15 K			293,15 K			298,15 K		
0,0000	1,070003		1,068542		1,066906		1,065104				
0,0107	1,070280	47,56	1,068806	48,60	1,067166	49,00	1,065335	51,40			
0,0205	1,070543	47,12	1,069055	48,30	1,067411	48,71	1,065573	50,30			
0,0302	1,070813	46,70	1,069311	47,91	1,067662	48,34	1,065814	49,71			
0,0499	1,071363	46,30	1,069852	47,20	1,068167	48,10	1,066295	49,38			
0,0795	1,072221	45,70	1,070652	46,92	1,068922	48,00	1,067008	49,28			
0,1006	1,072813	45,64	1,071223	46,80	1,069457	47,97	1,067513	49,26			
0,2005	1,075657	45,29	1,073875	46,72	1,071981	47,90	1,069891	49,21			
0,3005	1,078445	45,26	1,076508	46,69	1,074493	47,84	1,072249	49,19			
0,4001	1,081203	45,23	1,079114	46,65	1,076978	47,79	1,074577	49,17			
0,5010	1,083979	45,20	1,081733	46,62	1,079481	47,75	1,076914	49,16			
0,6000	1,086679	45,18	1,084293	46,58	1,081932	47,69	1,079189	49,14			
0,7005	1,089405	45,15	1,086868	46,54	1,084398	47,64	1,081479	49,12			
0,8050	1,092217	45,12	1,089527	46,51	1,086955	47,59	1,083841	49,10			

0,9002	1,094761	45,09	1,091938	46,47	1,089280	47,53	1,085978	49,08
0,9998	1,097406	45,06	1,094454	46,43	1,091684	47,49	1,088191	49,06
303,15 K		308,15 K		313,15 K		318,15 K		
0,0000	1,063149		1,061046		1,058808		1,056438	
0,0102	1,063373	52,05	1,061267	52,40	1,058995	55,30	1,056622	55,60
0,0205	1,063593	51,44	1,061478	52,00	1,059187	54,40	1,056794	55,46
0,0303	1,063830	50,63	1,061700	51,49	1,059391	53,64	1,056982	54,89
0,0499	1,064294	50,26	1,062141	51,21	1,059810	52,94	1,057368	54,32
0,0795	1,064973	50,23	1,062790	51,18	1,060450	52,40	1,057973	53,68
0,1007	1,065456	50,21	1,063250	51,19	1,060890	52,34	1,058388	53,59
0,2010	1,067732	50,17	1,065415	51,19	1,062946	52,29	1,060320	53,51
0,3006	1,069996	50,13	1,067560	51,18	1,064977	52,28	1,062228	53,50
0,4002	1,072230	50,10	1,069676	51,18	1,066978	52,28	1,064110	53,49
0,4999	1,074476	50,07	1,071798	51,17	1,068984	52,28	1,065998	53,48
0,6006	1,076664	50,05	1,073860	51,16	1,070932	52,28	1,067834	53,47
0,7001	1,078863	50,02	1,075933	51,16	1,072889	52,28	1,069680	53,45
0,8011	1,081133	50,00	1,078066	51,15	1,074901	52,27	1,071580	53,44
0,8998	1,083187	49,97	1,079991	51,14	1,076717	52,27	1,073297	53,43
0,9992	1,085320	49,95	1,083661	51,14	1,078596	52,27	1,075075	53,41
Glicina + 0,8 mol kg⁻¹ Na₂S₂O₃ · 5 H₂O								
283,15 K		288,15 K		293,15 K		298,15 K		
0,0000	1,090595		1,088941		1,087134		1,085183	

0,0115	1,090868	48,92	1,089179	51,57	1,087357	52,70	1,085385	54,29
0,0204	1,091094	48,30	1,089379	50,87	1,087543	52,12	1,085555	53,71
0,0298	1,091334	47,96	1,089601	50,23	1,087750	51,53	1,085751	52,96
0,0499	1,091855	47,55	1,090080	49,65	1,088208	50,80	1,086182	52,14
0,0800	1,092650	47,14	1,090827	48,96	1,088918	50,09	1,086856	51,33
0,1002	1,093180	47,03	1,091331	48,72	1,089395	49,86	1,087310	51,05
0,1996	1,095734	46,97	1,093745	48,43	1,091633	49,78	1,089410	51,00
0,2997	1,098267	46,98	1,096144	48,35	1,093859	49,76	1,091505	50,97
0,3998	1,100786	46,96	1,098542	48,26	1,096074	49,72	1,093580	50,95
0,5007	1,103307	46,94	1,100962	48,16	1,098286	49,70	1,095654	50,92
0,6004	1,105778	46,92	1,103359	48,05	1,100461	49,66	1,097689	50,90
0,7005	1,108237	46,90	1,105743	47,97	1,102623	49,64	1,099711	50,88
0,8006	1,110677	46,88	1,108143	47,87	1,104844	49,61	1,101720	50,86
0,9006	1,113097	46,86	1,110550	47,76	1,106936	49,57	1,103713	50,84
1,0000	1,115478	46,84	1,112926	47,65	1,108995	49,55	1,105663	50,82
	303,15 K		308,15 K		313,15 K		318,15 K	
0,0000	1,083095		1,080877		1,078537		1,076078	
0,0115	1,083295	54,57	1,081053	56,40	1,078696	57,77	1,076224	58,80
0,0204	1,083461	54,04	1,081205	55,69	1,078832	57,20	1,076349	58,31
0,0298	1,083637	53,80	1,081380	55,00	1,078989	56,54	1,076497	57,60
0,0499	1,084053	52,91	1,081764	54,20	1,079518	55,78	1,076831	56,69
0,0800	1,084691	52,22	1,082360	53,50	1,079919	54,68	1,077392	55,50
0,1002	1,085111	52,06	1,082778	53,12	1,080322	54,20	1,077760	55,18

0,1996	1,087098	52,03	1,084665	53,02	1,082693	54,08	1,079438	55,06			
0,2997	1,089074	52,01	1,086541	53,00	1,083862	54,06	1,081110	55,01			
0,3998	1,091032	52,00	1,088405	52,97	1,088278	54,03	1,082783	54,94			
0,5007	1,092988	51,99	1,090267	52,94	1,090184	54,00	1,084464	54,87			
0,6004	1,094903	51,98	1,092095	52,91	1,092779	53,98	1,086123	54,80			
0,7005	1,096804	51,97	1,093918	52,88	1,094236	53,95	1,087784	54,74			
0,8006	1,098691	51,96	1,095725	52,85	1,096271	53,92	1,089450	54,66			
0,9006	1,100556	51,95	1,097574	52,83	1,094175	53,89	1,091091	54,60			
1,0000	1,102388	51,93	1,099276	52,80	1,096905	53,87	1,092730	54,53			
Glicina + 1,0 mol kg⁻¹ Na₂S₂O₃ · 5 H₂O											
283,15 K			288,15 K			293,15 K			298,15 K		
0,0000	1,10988		1,108059		1,106104		1,104021				
0,0102	1,110095	50,57	1,108263	51,46	1,106288	53,18	1,104148	57,83			
0,0298	1,110527	50,00	1,108682	50,69	1,106671	52,29	1,104453	56,09			
0,0495	1,110984	49,47	1,109143	49,86	1,107087	51,58	1,104845	54,30			
0,0804	1,111767	48,50	1,109848	49,55	1,107749	51,07	1,105527	52,56			
0,1011	1,112292	48,17	1,110310	49,52	1,108196	50,86	1,105957	52,20			
0,2001	1,114656	48,06	1,112490	49,52	1,110241	50,78	1,107832	52,19			
0,3006	1,117022	48,04	1,114683	49,50	1,112297	50,74	1,109731	52,14			
0,4007	1,119361	48,02	1,116851	49,49	1,114335	50,70	1,111607	52,11			
0,4999	1,121658	48,00	1,118978	49,47	1,116340	50,66	1,113460	52,06			
0,6002	1,123965	47,98	1,121112	49,45	1,118360	50,62	1,115368	52,02			
0,7014	1,126269	47,96	1,123246	49,44	1,120385	50,57	1,117384	51,97			

0.8014	1,128527	47,94	1,125335	49,42	1,122363	50,54	1,119017	51,94
0.9017	1,130777	47,92	1,127413	49,40	1,124344	50,50	1,120844	51,90
1.0014	1,132990	47,91	1,129458	49,39	1,126300	50,46	1,122660	51,85
303,15 K		308,15 K		313,15 K		318,15 K		
0.0000	1,10182		1,099494		1,097061		1,094522	
0.0102	1,10193	58,55	1,099584	61,00	1,097117	63,84	1,094494	70,90
0.0298	1,10223	56,71	1,099835	58,80	1,097280	62,31	1,094511	68,90
0.0495	1,10259	55,20	1,100154	57,20	1,097534	60,46	1,094710	65,40
0.0804	1,10321	53,78	1,100762	55,17	1,098080	57,84	1,095326	60,20
0.1011	1,10359	53,63	1,101091	55,13	1,098502	56,51	1,095808	57,90
0.2001	1,10530	53,63	1,102662	55,02	1,099942	56,32	1,097203	57,26
0.3006	1,10703	53,58	1,104238	54,98	1,101375	56,28	1,098538	57,22
0.4007	1,10876	53,53	1,105796	54,95	1,102800	56,23	1,099864	57,18
0.4999	1,11045	53,48	1,107327	54,92	1,104201	56,19	1,101169	57,14
0.6002	1,11216	53,44	1,108872	54,88	1,105614	56,15	1,102492	57,09
0.7014	1,11387	53,39	1,110418	54,85	1,107033	56,11	1,103812	57,05
0.8014	1,11557	53,33	1,111937	54,81	1,108419	56,07	1,105119	57,00
0.9017	1,11725	53,29	1,113449	54,78	1,109812	56,03	1,106415	56,96
1.0014	1,11891	53,24	1,114941	54,75	1,111180	55,99	1,107694	56,92
m (mol·kg⁻¹)	ρ (g·cm⁻³)	Vϕ (cm³·mol⁻¹)	ρ (g·cm⁻³)	Vϕ (cm³·mol⁻¹)	ρ (g·cm⁻³)	Vϕ (cm³·mol⁻¹)	ρ (g·cm⁻³)	Vϕ (cm³·mol⁻¹)
Glicina + 0,01 mol kg⁻¹ Na₂S₂O₃ · 5 H₂O								
283,15 K		288,15 K		293,15 K		298,15 K		
0.0000	1,189082		1,186708		1,184258		1,181729	

0,0111	1,189241	52,99	1,186814	56,50	1,184308	60,20	1,181683	66,50	
0,0294	1,189543	52,00	1,187041	55,20	1,184438	59,00	1,181726	63,60	
0,0504	1,189919	51,34	1,187341	54,30	1,184658	57,70	1,181885	61,30	
0,0822	1,190508	50,80	1,187854	53,30	1,185128	55,80	1,182359	58,00	
0,1007	1,190843	50,68	1,188157	52,97	1,185407	55,20	1,182541	57,71	
0,3033	1,194418	50,47	1,191236	52,46	1,187863	54,75	1,184475	56,91	
0,4993	1,197924	50,24	1,194389	52,00	1,190467	54,24	1,186749	56,09	
0,5994	1,199712	50,14	1,196119	51,70	1,191860	54,00	1,188031	55,70	
0,8002	1,203362	49,91	1,199667	51,20	1,194897	53,43	1,190785	55,00	
1,0002	1,206998	49,71	1,203393	50,70	1,197971	53,00	1,194049	54,14	
303,15 K				308,15 K				313,15 K	
0,0000	1,17912		1,176442		1,173687		1,170858		
0,0111	1,17905	68,60	1,176282	74,20	1,173393	83,20	1,170479	89,00	
0,0294	1,17901	66,50	1,176167	70,60	1,173162	76,98	1,170192	80,70	
0,0504	1,17913	63,50	1,176193	67,40	1,173172	71,42	1,170124	74,80	
0,0822	1,17950	60,30	1,176534	63,00	1,173458	66,00	1,170311	69,00	
0,1007	1,17969	59,56	1,176737	61,68	1,173664	64,13	1,170593	66,05	
0,3033	1,18127	58,47	1,177679	60,80	1,174006	63,18	1,170397	65,25	
0,4993	1,18333	57,40	1,178993	59,99	1,174723	62,40	1,170604	64,50	
0,5994	1,18936	56,92	1,179898	59,47	1,175262	61,97	1,170839	64,14	
0,8002	1,18734	55,89	1,181911	58,60	1,176670	61,10	1,171599	63,40	
1,0002	1,19070	54,80	1,184233	57,80	1,178268	60,40	1,172819	62,58	

Tabla 3. Volúmenes molares aparentes a dilución infinita (V_ϕ^∞) y pendientes experimentales (S_V^\dagger) de la glicina en soluciones acuosas de tiosulfato de sodio pentahidratado desde 283,15K a 318,15K

T(K)	Mezcla	m Na ₂ S ₂ O ₃ · 5 H ₂ O (mol · kg ⁻¹)	(V_ϕ^∞) (cm ³ · mol ⁻¹)	(S_V^\dagger) (cm ³ · mol ⁻¹)	R ²
283,15	Glicina + Agua	0,0000	42,18 ± 0,01	0,97 ± 0,02	0,9971
	Na ₂ O ₃ · 5H ₂ O + Glicina + Agua	0,0100	43,148 ± 0,001	-0,110 ± 0,001	0,9993
	Na ₂ O ₃ · 5H ₂ O + Glicina + Agua	0,0300	43,263 ± 0,002	-0,146 ± 0,003	0,9976
	Na ₂ O ₃ · 5H ₂ O + Glicina + Agua	0,0800	43,439 ± 0,004	-0,065 ± 0,001	0,9993
	Na ₂ O ₃ · 5H ₂ O + Glicina + Agua	0,2000	43,677 ± 0,0018	-0,213 ± 0,003	0,9988
	Na ₂ O ₃ · 5H ₂ O + Glicina + Agua	0,4000	44,998 ± 0,004	-0,090 ± 0,001	0,9996
	Na ₂ O ₃ · 5H ₂ O + Glicina + Agua	0,6000	45,348 ± 0,001	-0,284 ± 0,002	0,9997
	Na ₂ O ₃ · 5H ₂ O + Glicina + Agua	0,8000	47,037 ± 0,002	-0,195 ± 0,002	0,9992
	Na ₂ O ₃ · 5H ₂ O + Glicina + Agua	1,0000	48,095 ± 0,001	-0,189 ± 0,002	0,9995
	Na ₂ O ₃ · 5H ₂ O + Glicina + Agua	2,0000	50,79 ± 0,01	-1,09 ± 0,01	0,9995
288,15	Glicina + Agua	0,0000	42,483 ± 0,005	0,818 ± 0,008	0,9993
	Na ₂ O ₃ · 5H ₂ O + Glicina + Agua	0,0100	43,620 ± 0,002	-0,134 ± 0,002	0,9980
	Na ₂ O ₃ · 5H ₂ O + Glicina + Agua	0,0300	43,695 ± 0,001	-0,091 ± 0,002	0,9977
	Na ₂ O ₃ · 5H ₂ O + Glicina + Agua	0,0800	43,862 ± 0,005	-0,045 ± 0,001	0,9979
	Na ₂ O ₃ · 5H ₂ O + Glicina + Agua	0,2000	44,629 ± 0,002	-0,271 ± 0,003	0,9993
	Na ₂ O ₃ · 5H ₂ O + Glicina + Agua	0,4000	45,824 ± 0,002	-0,252 ± 0,003	0,9988
	Na ₂ O ₃ · 5H ₂ O + Glicina + Agua	0,6000	46,798 ± 0,003	-0,362 ± 0,004	0,9989
	Na ₂ O ₃ · 5H ₂ O + Glicina + Agua	0,8000	48,64 ± 0,01	-0,97 ± 0,01	0,9986
	Na ₂ O ₃ · 5H ₂ O + Glicina + Agua	1,0000	49,550 ± 0,001	-0,160 ± 0,001	0,9996
	Na ₂ O ₃ · 5H ₂ O + Glicina + Agua	2,0000	53,23 ± 0,02	-2,53 ± 0,02	0,9996

	Glicina + Agua	0,0000	42,834 ± 0,006	0,84 ± 0,01	0,9990
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,0100	44,039 ± 0,001	-0,114 ± 0,002	0,9987
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,0300	44,125 ± 0,001	-0,102 ± 0,001	0,9986
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,0800	44,303 ± 0,002	-0,156 ± 0,002	0,9984
293,15	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,2000	45,669 ± 0,002	-0,282 ± 0,004	0,9988
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,4000	46,732 ± 0,002	-0,376 ± 0,003	0,9996
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,6000	48,002 ± 0,004	-0,517 ± 0,005	0,9992
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,8000	49,839 ± 0,002	-0,289 ± 0,003	0,9992
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	1,0000	50,861 ± 0,003	-0,400 ± 0,004	0,9992
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	2,0000	55,48 ± 0,03	-2,49 ± 0,05	0,9992
	Glicina + Agua	0,0000	43,10 ± 0,01	0,83 ± 0,01	0,9983
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,0100	44,414 ± 0,001	-0,218 ± 0,001	0,9998
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,0300	44,442 ± 0,001	-0,164 ± 0,002	0,9993
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,0800	44,598 ± 0,002	-0,227 ± 0,003	0,9991
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,2000	46,578 ± 0,004	-0,528 ± 0,006	0,9991
298,15	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,4000	47,70 ± 0,003	-0,42 ± 0,01	0,9989
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,6000	49,250 ± 0,001	-0,265 ± 0,007	0,9993
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,8000	51,036 ± 0,003	-0,217 ± 0,005	0,9961
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	1,0000	52,271 ± 0,004	-0,42 ± 0,01	0,9987
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	2,0000	58,09 ± 0,03	-3,94 ± 0,05	0,9987

	Glicina + Agua	0,0000	43,398 ± 0,007	0,74 ± 0,01	0,9988
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,0100	44,751 ± 0,003	-0,313 ± 0,004	0,9986
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,0300	44,815 ± 0,002	-0,306 ± 0,003	0,9994
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,0800	44,883 ± 0,001	-0,312 ± 0,002	0,9997
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,2000	47,337 ± 0,002	-0,312 ± 0,002	0,9996
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,4000	48,699 ± 0,001	-0,230 ± 0,002	0,9993
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,6000	50,212 ± 0,005	-0,265 ± 0,008	0,9947
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,8000	52,049 ± 0,0011	-0,115 ± 0,001	0,9995
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	1,0000	53,725 ± 0,003	-0,483 ± 0,005	0,9993
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	2,0000	60,07 ± 0,02	-5,26 ± 0,04	0,9993
	Glicina + Agua	0,0000	43,707 ± 0,003	0,737 ± 0,004	0,9998
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,0100	44,958 ± 0,003	-0,281 ± 0,004	0,9985
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,0300	45,018 ± 0,002	-0,267 ± 0,002	0,9994
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,0800	45,120 ± 0,002	-0,190 ± 0,003	0,9977
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,2000	48,191 ± 0,008	-0,39 ± 0,01	0,9940
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,4000	49,719 ± 0,004	-0,088 ± 0,001	0,9995
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,6000	51,200 ± 0,001	-0,061 ± 0,001	0,9987
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,8000	53,080 ± 0,002	-0,282 ± 0,003	0,9994
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	1,0000	55,089 ± 0,002	-0,342 ± 0,003	0,9996
	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	2,0000	62,12 ± 0,03	-4,35 ± 0,05	0,9996

303,15

308,15

Glicina + Agua	0,0000	43,96 ± 0,01	0,83 ± 0,025	0,9936
Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,0100	45,192 ± 0,002	-0,230 ± 0,003	0,9988
Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,0300	45,256 ± 0,003	-0,215 ± 0,004	0,9972
Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,0800	45,404 ± 0,001	-0,408 ± 0,002	0,9995
Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,2000	48,906 ± 0,004	-0,592 ± 0,006	0,9993
Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,4000	50,545 ± 0,005	-0,389 ± 0,008	0,9974
Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,6000	52,289 ± 0,003	-0,020 ± 0,004	0,9975
Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,8000	54,140 ± 0,001	-0,273 ± 0,002	0,9997
Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	1,0000	56,400 ± 0,003	-0,412 ± 0,004	0,9992
Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	2,0000	64,49 ± 0,05	-4,16 ± 0,09	0,9992
Glicina + Agua	0,0000	44,216 ± 0,009	0,93 ± 0,01	0,9983
Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,0100	45,390 ± 0,002	-0,170 ± 0,003	0,9981
Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,0300	45,474 ± 0,001	-0,173 ± 0,002	0,9989
Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,0800	45,698 ± 0,001	-0,187 ± 0,002	0,9990
Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,2000	49,61 ± 0,01	-0,65 ± 0,02	0,9957
Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,4000	51,229 ± 0,001	-0,085 ± 0,001	0,9992
Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,6000	53,538 ± 0,006	-0,124 ± 0,001	0,9996
Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	0,8000	55,198 ± 0,005	-0,66 ± 0,01	0,9991
Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	1,0000	57,353 ± 0,004	-0,436 ± 0,005	0,9989
Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O + Glicina + Agua	2,0000	66,43 ± 0,02	-3,82 ± 0,03	0,9989

313,15

318,15

rions, dando como resultado interacciones $\text{Na}^+\text{-COO}^-$, $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, -NH_3^+ , que son el producto del solapamiento de las co-esferas de hidratación de estas especies y que a su vez origina un relajamiento de las regiones electrostrisadas (15,17,18).

De otra parte, el incremento de los volúmenes molares aparentes a dilución infinita con el aumento de la temperatura podría ser atribuido a una expansión del volumen de los zwitterions hidratados o a

una reducción en la electrostricción (17). Se observa en la Tabla 2 que los valores de S_V^* son negativos y pequeños, hecho que indica en la solución existen débiles interacciones soluto-soluto y que son menos complejas que cuando la formación de iones tiene lugar (8,17).

Los volúmenes estándares de transferencia $\Delta trV_{2,m}^\circ$ desde el agua hasta las soluciones acuosas de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ se obtuvieron mediante la expresión [4]

$$\Delta trV_{2,m}^\circ = V_\phi^\circ(\text{soluciones acuosas de } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) - V_\phi^\circ(\text{en agua}) \quad [4]$$

Los resultados obtenidos de $\Delta trV_{2,m}^\circ$ se muestran en la Tabla 4. En esta tabla es notorio que los volúmenes estándares de transferencia son positivos e incrementan con el aumento de la temperatura y la concentración del solvente mixto. Un comportamiento similar también ha sido observado en otros sistemas de aminoácidos en medios electrolíticos (14, 19, 20, 21, 22, 23).

Los valores positivos de $\Delta trV_{2,m}^\circ$ fueron interpretados de acuerdo con el modelo de la co-esfera desarrollado por Friedman y Krishnan (24,25). Según este modelo las propiedades de hidratación de las moléculas de agua dependen de la naturaleza del soluto. De esta forma las interacciones que podrían ocurrir se pueden clasificar de la siguiente forma (26, 27):

1. Interacciones ion-ion entre el ión Na^+ del solvente mixto y el grupo COO^- de la glicina.
2. Interacciones ion-ion entre el ion $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ y el grupo NH_3^+ de la glicina.

3. Interacción ion-hidrofóbica que ocurren entre los iones del solvente mixto y las partes no polares del aminoácido.

De acuerdo con el modelo de la co-esfera las interacciones tipo 1 y 2 dan como resultado valores positivos para $\Delta trV_{2,m}^\circ$; mientras que las de tipo 3 originan contribuciones negativas del volumen estándar de transferencia. En este trabajo los valores positivos de $\Delta trV_{2,m}^\circ$ sugieren que en la solución se presentan las interacciones de tipo 1 y 2. En este sentido la tendencia observada para los volúmenes estándares de transferencia puede ser también explicada utilizando la ecuación modificada por Shahidi y Farrell (28) para el volumen molar aparente a dilución infinita como lo muestra la ecuación [5]

$$V_\phi^\circ = V_{V,W} + V_V - V_C \quad [5]$$

donde $V_{V,W}$, V_V y V_C son el volumen de Van der Waals, el volumen asociado a los espacios vacíos o nulos y el volumen de contracción que es causado por la elec-

trostricción del disolvente. Asumiendo que los valores de $V_{v,w}$ y V_v no son afectados significativamente por la presencia de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, los valores positivos de $\Delta \text{tr}V_{2,m}^\circ$ pueden ser atribuidos a una disminución del volumen de contracción debido a la presencia de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, lo cual, podría ser producto de fuertes interacciones entre los grupos zwitteriónicos de la glicina (COO^- , NH_3^+) y los iones del cosoluto (Na^+ , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$), donde probablemente se formen pares de iones no covalentes causando que la electrostricción de las moléculas de agua cercanas a estos centros cargados se reduzca y ocasione una disminución del volumen de contracción(14).

La variación de (V_ϕ^∞) con la temperatura se puede expresar de la siguiente forma:

$$V_\phi^\infty = a + bT + cT^2 \quad [6]$$

donde a , b , y c son constantes y T es la temperatura en Kelvin.

Las expansibilidades molares parciales a dilución infinita V_E^∞ se evaluaron a través de la diferenciación de la ecuación (6) con respecto a la temperatura, obteniendo la ecuación [7]

$$V_E^\infty = (\partial V_\phi^\infty / \partial T)_P = b + 2cT \quad [7]$$

Los valores de (V_E^∞) obtenidos a las diferentes temperaturas se reportan en la Tabla 5. En la Tabla 4 se observa que los valores de (V_E^∞) disminuyen con el incremento de la temperatura en todas las composiciones de solvente mixto; este comportamiento podría considerarse que se debe a que la estructura del solvente mixto se debilita con el incremento de la temperatura, es decir, algunas moléculas

del disolvente pueden ser liberadas de las capas de solvatación del soluto (29). Los valores de (V_E^∞) aumentan con el aumento de la concentración de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (excepto en 0.1000 m y 0.6000 m de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), lo que podría indicar que la glicina actúa como un disruptor de la estructura del solvente; favoreciéndose de esta manera las interacciones soluto-solvente (10, 30). De acuerdo a Hepler (28, 31) el mejor criterio para caracterizar la habilidad de un soluto para comportarse como disruptor o formador de la estructura del solvente lo constituye la segunda derivada del volumen molar aparente a dilución infinita con respecto a la temperatura ($\partial^2 V_\phi^\infty / \partial T^2$)_P; así de esta forma si: ($\partial^2 V_\phi^\infty / \partial T^2$)_P > 0 el soluto actúa como un formador de la estructura del solvente, un comportamiento opuesto indica que el soluto actúa como un disruptor de la estructura del solvente. Los resultados obtenidos para ($\partial V_E^\infty / \partial T$)_P = ($\partial^2 V_\phi^\infty / \partial T^2$)_P se muestran en la Tabla 5.

Los valores de ($\partial V_E^\infty / \partial T$)_P mostrados en la Tabla 5 son negativos a todas las concentraciones de solvente mixto; lo que podría indicar que la glicina actúa como un disruptor de la estructura de las soluciones acuosas de tiosulfato de sodio pentahidratado.

Los números de hidratación (n_H) para la glicina a cada temperatura se calcularon usando el método reportado por Millero (31) a partir de los volúmenes molares parciales \bar{V}_2 , los cuales se pueden expresar mediante la ecuación [8]

$$\bar{V}_2 = \bar{V}_2^{0\text{int}} + \bar{V}_2^{0\text{elect}} \quad [8]$$

donde $\bar{V}_2^{0\text{int}}$ y $\bar{V}_2^{0\text{elect}}$ son el volumen molar parcial intrínseco del aminoácido

Tabla 4. Volúmenes estándar de transferencia ($\Delta trV_{2,m}^{\circ}$) de la glicina en soluciones acuosas de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ desde 283,15K a 318,15K.

T(K)	$\Delta trV_{2,m}^{\circ}, m \text{ (cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}\text{)}$									
	0,0100	0,0300	0,0800	0,2000	0,4000	0,6000	0,8000	1,0000	2,0000	
283,15	0,97 ± 0,01	1,08 ± 0,01	1,26 ± 0,01	1,50 ± 0,01	2,82 ± 0,02	3,17 ± 0,02	4,86 ± 0,02	5,91 ± 0,01	8,61 ± 0,03	
288,15	1,14 ± 0,01	1,21 ± 0,01	1,38 ± 0,01	2,15 ± 0,01	3,34 ± 0,01	4,31 ± 0,01	6,16 ± 0,01	7,07 ± 0,01	10,75 ± 0,02	
293,15	1,21 ± 0,02	1,29 ± 0,01	1,47 ± 0,01	2,83 ± 0,01	3,90 ± 0,01	5,17 ± 0,01	7,01 ± 0,02	8,03 ± 0,01	12,64 ± 0,04	
298,15	1,32 ± 0,01	1,35 ± 0,01	1,50 ± 0,02	3,48 ± 0,01	4,60 ± 0,01	6,15 ± 0,02	7,94 ± 0,01	9,17 ± 0,01	15,00 ± 0,04	
303,15	1,35 ± 0,01	1,42 ± 0,01	1,48 ± 0,01	3,94 ± 0,03	5,30 ± 0,02	6,81 ± 0,01	8,65 ± 0,01	10,33 ± 0,02	16,67 ± 0,03	
308,15	1,25 ± 0,01	1,31 ± 0,02	1,41 ± 0,01	4,48 ± 0,01	6,01 ± 0,01	7,49 ± 0,01	9,37 ± 0,01	11,38 ± 0,02	18,41 ± 0,04	
313,15	1,23 ± 0,03	1,30 ± 0,02	1,44 ± 0,02	4,95 ± 0,02	6,59 ± 0,02	8,33 ± 0,02	10,18 ± 0,02	12,44 ± 0,02	20,53 ± 0,02	
318,15	1,17 ± 0,01	1,26 ± 0,01	1,48 ± 0,01	5,40 ± 0,02	7,01 ± 0,01	9,32 ± 0,01	10,98 ± 0,01	13,14 ± 0,01	22,21 ± 0,03	

Tabla 5. Expansibilidades molares parciales a dilución infinita (V_E^∞) y ($\partial^2 V_E^\infty / \partial T^2$)_P de la glicina en soluciones acuosas de tiosulfato de sodio pentahidratado desde 283,15K hasta 318,15K.

T(K) \ m Na ₂ S ₂ O ₃ · 5 H ₂ O	0,010		0,0300		0,0800		0,2000	
	V_E^∞ (cm ³ · mol ⁻¹ K ⁻¹)	$(\partial V_E^\infty / \partial T)_P$ (cm ³ · mol ⁻¹ K ⁻²)	V_E^∞ (cm ³ · mol ⁻¹ K ⁻¹)	$(\partial V_E^\infty / \partial T)_P$ (cm ³ · mol ⁻¹ K ⁻²)	V_E^∞ (cm ³ · mol ⁻¹ K ⁻¹)	$(\partial V_E^\infty / \partial T)_P$ (cm ³ · mol ⁻¹ K ⁻²)	V_E^∞ (cm ³ · mol ⁻¹ K ⁻¹)	$(\partial V_E^\infty / \partial T)_P$ (cm ³ · mol ⁻¹ K ⁻²)
283,15	0,104		0,070		0,073		0,203	
288,15	0,094		0,061		0,067		0,192	
293,15	0,084		0,052		0,061		0,181	
298,15	0,074	-0,0020 ±	0,043	-0,0018	0,055	-0,0012	0,170	-0,0022 ±
303,15	0,064	0,0001	0,034	± 0,0001	0,049	± 0,0003	0,159	0,0001
308,15	0,054		0,025		0,043		0,148	
313,15	0,044		0,016		0,037		0,137	
318,15	0,034		0,007		0,031		0,126	
T(K) \ m Na₂S₂O₃ · 5 H₂O								
	0,4000		0,6000		0,8000		1,0000	
283,15	0,212		-1,255		0,259		0,297	
288,15	0,209		-1,264		0,245		0,288	
293,15	0,206		-1,273		0,231		0,279	
298,15	0,203	-0,0006	-1,282	-0,0018	0,217	-0,0028	0,270	-0,0018 ±
303,15	0,200	± 0,0003	-1,291	± 0,0004	0,203	± 0,0002	0,261	0,0003
308,15	0,197		-1,300		0,189		0,252	
313,15	0,194		-1,309		0,175		0,243	
318,15	0,191		-1,318		0,161		0,234	

$T(K) \setminus m \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	2,0000
283,15	0,480
288,15	0,467
293,15	0,454
298,15	0,441
303,15	$-0,0026 \pm$ 0,0004
308,15	0,415
313,15	0,402
318,15	0,389

y el volumen molar parcial de electrostricción debido a la hidratación de cada aminoácido. El volumen molar parcial intrínseco del aminoácido \bar{V}_{2int}^0 depende de la contribución de dos términos: 1) el volumen de Van der Waals y 2) el volumen debido a los efectos de empaquetamiento. Los valores de \bar{V}_{2int}^0 se calcularon utilizando la siguiente ecuación (32, 33)

$$\bar{V}_{2int}^0 = \left(\frac{0.7}{0.634} \right) \bar{V}_{crystal}^0 \quad [9]$$

donde 0.7 es la densidad de empaquetamiento para el aminoácido en un cristal orgánico, 0.634 es la densidad para una esfera con un empaquetamiento aleatorio. $\bar{V}_{crystal}^0$ se calcula mediante la división del masa molar de la glicina entre su densidad. Para la aplicación de la ecuación [9] se asume que tanto la densidad como el volumen del cristal permanecen constantes a lo largo de todo el intervalo de temperaturas de estudio. Millero (34) reporta la relación entre el volumen molar parcial de electrostricción y los números de hidratación a través de la ecuación [10]

$$V_{elect} = n_H (V_e^0 - V_b^0) \quad [10]$$

donde V_e^0 es el volumen de agua electrostrictada y V_b^0 es el volumen de agua voluminosa. Este modelo asume que por cada molécula de agua tomada de la fase voluminosa a la región acuosa que rodea a los aminoácidos, el volumen se reduce en $(V_e^0 - V_b^0)$. Usando $(V_e^0 - V_b^0) = -2.9, -3.3, -4.0 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$ a 288,15; 298,15 y 308,15 K respectivamente (6,14) y obteniendo $(V_e^0 - V_b^0) = -2.7; -3.1; -3.6$ y $-4.6 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$ a 283,15; 293,15; 303,15 y 313,15 K de los da-

tos reportados por Yan y Lark (35, 36) desde 278,15 a 313,15K. Los números de hidratación (n_H) calculados para la Glicina son reportados en la Tabla 6.

En la Tabla 6 se observa que los números de hidratación (n_H) de la glicina en soluciones acuosas de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ son menores que los obtenidos en agua pura y disminuyen con el aumento de la temperatura y de la concentración del solvente mixto. Este hecho sugiere que las interacciones que involucran a los iones presentes en el solvente mixto ($\text{Na}^+, \text{S}_2\text{O}_3^{2-}$) con los centros cargados de la glicina ($\text{COO}^-, \text{NH}_3^+$) son fuertes; debilitando el efecto de electrostricción que existe alrededor de estos, originando a su vez un efecto de deshidratación y por consiguiente un favorecimiento de las interacciones soluto-solvente (14,33). Resultados similares también han sido observados en sistemas de aminoácidos en soluciones acuosas de cloruro de zinc (ZnCl_2), hidrocloreuro de metformina ($\text{C}_4\text{H}_{11}\text{N}_5$), cloruro de calcio (CaCl_2), sulfato de salbutamol ($\text{C}_{13}\text{H}_{21}\text{NO}_3$) y sulfato de sodio (Na_2SO_4) (14, 33, 35, 36).

La teoría de soluciones de McMillan-Mayer (37) fue propuesta inicialmente por Kozak (38) y posteriormente discutida por Friedman, Krishnan y Frank (25, 39, 40) en orden de aplicarla al estudio de las interacciones soluto-cosoluto en las esferas de solvatación del soluto. De acuerdo a este tratamiento los volúmenes estándares de transferencia se pueden expresar mediante la ecuación [11]

$$\Delta_{tr}V_{2,m}^0 = 2 V_{AB}m_B + 3 V_{ABB}m_B^2 \quad [11]$$

Aquí A simboliza el subíndice que representa a la glicina y B el subíndice para

Tabla 6. Números de hidratación (n_H) de la glicina en soluciones acuosas de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

T(K)	n_H									
	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (mol kg ⁻¹)									
	0,0000	0,0100	0,0300	0,0800	0,2000	0,4000	0,6000	0,8000	1,0000	2,0000
283,15	3,59	3,23	3,19	3,12	3,03	2,54 ± 0,04	2,41	1,79	1,40	0,40
	±	±	±	±	±		±	±	±	±
	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03		0,04	0,03	0,04	0,02
288,15	3,24	2,84	2,82	2,76	2,50	2,08 ± 0,02	1,75	1,11	0,99	0,30
	±	±	±	±	±		±	±	±	±
	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02		0,03	0,03	0,03	0,04
293,15	2,91	2,53	2,50	2,44	2,00	1,66 ± 0,03	1,25	0,65	0,81	0,25
	±	±	±	±	±		±	±	±	±
	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03		0,03	0,04	0,03	0,02
298,15	2,66	2,26	2,25	2,20	1,60	1,26 ± 0,03	0,79	0,30	0,49	0,16
	±	±	±	±	±		±	±	±	±
	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02		0,03	0,02	0,03	0,03
303,15	2,35	1,98	1,96	1,94	1,26	0,88 ± 0,03	0,46	0,25	0,21	0,10
	±	±	±	±	±		±	±	±	±
	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03		0,03	0,02	0,03	0,03
308,15	2,04	1,73	1,71	1,69	0,92	0,54 ± 0,02	0,17	0,16	0,12	0,09
	±	±	±	±	±		±	±	±	±
	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03		0,03	0,03	0,02	0,03
313,15	1,72	1,46	1,44	1,41	0,64	0,29 ± 0,02	0,09	0,08	0,07	0,06
	±	±	±	±	±		±	±	±	±
	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02		0,02	0,02	0,02	0,03

el $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, V_{AB} y V_{ABB} son los parámetros de interacción volumétricos dobles y triples respectivamente. Estos parámetros se calculan usando el método de los mínimos cuadrados y son presentados en la tabla 7.

Los valores de V_{AB} son positivos, mientras que los valores de V_{ABB} son negativos a todas las temperaturas de estudio. Los valores positivos de V_{AB} sugieren que las interacciones entre el soluto y el cosoluto ocurren debido al solapamiento de sus esferas de hidratación. Esta observación está en correspondencia con las conclusiones deducidas para el modelo de la coesfera (8, 14, 33, 40).

CONCLUSIONES

En este trabajo se reportan los datos experimentales para las densidades del sistema glicina en soluciones acuosas de tiosulfato de sodio pentahidratado (0,01-2,0 mol kg⁻¹) a las temperaturas de (283,15; 288,15; 293,15; 298,15; 303,15; 308,15; 313,15 y 318,15) K y 101,1 Kpa.

Los resultados para los volúmenes estándar de transferencia $\Delta trV_{2,m}^\circ$ son positivos y se incrementan con el aumento de la temperatura y la concentración del solvente mixto, lo que podría indicar que en la solución se favorecen las interacciones soluto-solvente, que de acuerdo

Tabla 7. Parámetros de interacción volumétricos dobles V_{AB} y triples V_{ABB} de la glicina en soluciones acuosas de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

T(K)	V_{AB}	V_{ABB}
283,15	$2,75 \pm 0,61$	$-0,26 \pm 0,10$
288,15	$3,51 \pm 0,45$	$-0,34 \pm 0,22$
293,15	$4,04 \pm 0,38$	$-0,38 \pm 0,19$
298,15	$4,65 \pm 0,49$	$-0,40 \pm 0,24$
303,15	$5,28 \pm 0,64$	$-0,47 \pm 0,32$
308,15	$5,97 \pm 0,94$	$-0,56 \pm 0,47$
313,15	$6,57 \pm 1,11$	$-0,58 \pm 0,55$

con el modelo de la coesfera podrían ser asociadas a dos tipos de interacciones: 1) Interacciones ion – ion entre el ión Na^+ del solvente mixto y el grupo COO^- de la glicina y 2) Interacciones ion – ion entre el ion $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ y el grupo NH_3^+ de la glicina. Los valores de la segunda derivada del volumen molar aparente a dilución infinita con respecto a la temperatura $(\partial^2 V_\phi^\infty / \partial T^2)_p$ son negativos en todas las concentraciones de solvente mixto, hecho que sugiere que la glicina actúa como un disruptor de la estructura de las soluciones acuosas de tiosulfato de sodio pentahidratado. Los números de hidratación (n_H) de la glicina en soluciones acuosas de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ son menores que los obtenidos en agua pura y disminuyen con el aumento de la temperatura y de la concentración del solvente mixto. Este hecho sugiere que las interacciones que involucran a los iones presentes en el solvente mixto (Na^+ , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ con los centros cargados de la glicina (COO^- , NH_3^+) son fuertes; debilitando así el efecto de electrostricción que existe alrededor de estos.

Finalmente el signo positivo de V_{AB} podría ser asociado a que las interaccio-

nes entre el soluto y el cosoluto ocurren debido al solapamiento de sus esferas de hidratación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Romero, C.; Albis, A. Influence of Polyols and Glucose on the Surface Tension of Bovine α -Lactalbumin in Aqueous Solution. *J. Solution Chem.* 2010. **39**: 1865-1876.
- Sinha, B.; Sarkar, A.; Kumar, P.; Brahman, D. Physicochemical Properties of L-Alanine in Aqueous Silver Sulphate Solutions at (298.15, 308.15, and 318.15) K. *Int. J. Thermophys.* 2010. **32**: 1-17.
- Ali, A.; Shahjahan, A. Density and viscosity of α -amino acids in aqueous solutions of cetyltrimethylammonium bromide. *Russian Chemical Bulletin.* 2010. **59**: 1999-2004.
- Shekaari, H.; Jebali, F. Solute–Solvent Interactions of Amino Acids in Aqueous 1-Propyl-3-Methylimidazolium Bromide Ionic Liquid Solutions at 298.15 K. *J. Solution Chem.* 2010. **39**: 1409-1427.

5. Bairagi, M.; Nand, K. Partial Molar Volumes of Some of α -Amino Acids in Binary Aqueous Solutions of $\text{Mg-SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ at 298.15K. *J. Solution Chem.* 2006. **35**: 1441-1451.
6. Wang, J.; Yan, Z.; Zhao, Y.; Cui, F. Partial Molar Volumes and Viscosities of Some α -Amino Acids in Micellar Solutions of Sodium Caprylate. *J. Chem. Eng. Data.* 2004. **49**: 1354-1358.
7. Yan, Z.; Wang, X.; Xing, R.; Wang, J. Interactions of some glycyl dipeptides with sodium butyrate in aqueous solution at 298.15 K: A volumetric and conductometric study. *J. Chem. Eng. Data.* 2009. **54**: 1787-1792.
8. Amalendu, P.; Suresh, K. Volumetric studies of some amino acids in binary aqueous solutions of $\text{Mg-Cl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ at 288.15 and 308.15 K. *J. Chem. Sci.* 2005. **117**: 267-273.
9. Yan, Z.; Wang, J.; Kong, W.; Lu, J. Effect of temperature on volumetric and viscosity properties of some α -amino acids in aqueous calcium chloride solutions. *Fluid Phase Equilib.* 2004. **215**: 143-150.
10. Hemayat, S.; Fatemeh, J. Solute-Solvent Interactions of Amino Acids in Aqueous 1-Propyl-3-Methylimidazolium Bromide Ionic Liquid Solutions at 298.15 K. *J. solution Chem.* 2010. **39**: 1409-1427.
11. Akhtar, Y. Volumetric and viscometric behaviour of some amino acids in aqueous metal electrolyte solutions at 308 K. *Fluid Phase Equilib.* 2007. **258**: 125-130.
12. Deeyng, N.; Sagarik, K. Effects of metal ion and solute conformation change on hydration of small amino acid. *Biophys. Chem.* 2009. **125**: 72-91.
13. Biswajit, S.; Pran, K. R.; Mahendra, N. R. Apparent Molar Volumes and Viscosity B-Coefficients of Glycine in Aqueous Silver Sulphate Solutions at $T = (298.15, 308.15, 318.15)$ K. *Acta Chim. Slov.* 2010. **57**: 651-659.
14. Tarlok, S. B.; Jasbir, K.; Parampaul, K; Kultar, S. Study of Interactions between Amino Acids and Zinc Chloride in Aqueous Solutions through Volumetric Measurements at $T = (288.15 \text{ to } 318.15)$ K. *J. Chem. Eng. Data.* 2008. **53**: 1803-1816.
15. Romero, C.; Moreno, E.; Rojas, J. Apparent Molal Volumes and Viscosities of DL - Alpha - Alanine in Water - Alcohol Mixtures. *Thermochimica Acta.* 1999. **328**: 33-38.
16. Chunli, L.; Chonggui, R. Transfer Properties of Amino Acids from Water to Aqueous Sodium Sulfate Solutions at 298.15 K. *J. Chem. Eng. Data.* 2009. **54**: 3296-3299.
17. Riyazuddeen, P.; Khan, I. Effect of KCl and KNO_3 on Partial Molal Volumes and Partial Molal Compressibilities of Some Amino Acids at Different Temperatures. *Int. J. Thermophys.* 2009. **30**: 475-489.

18. Henry, S. F.; Marjorie, W. E. Free Volume and Entropy in Condensed Systems III. Entropy in Binary Liquid Mixtures; Partial Molal Entropy in Dilute Solutions; Structure and Thermodynamics in Aqueous Electrolytes. *J. Chem. Phys.* 1945. **13**: 478-483.
19. Lark, B. S.; Patyar, P.; Banipal, T. S. Temperature effect on the viscosity and heat capacity behaviour of some amino acids in water and aqueous magnesium chloride solutions. *J. Chem. Thermodyn.* 2007. **39**: 344-360.
20. Natarajan, M.; Wadi, R. K.; Gaur, H. C. Apparent molar volumes and viscosities of some and α,ω -amino acids in aqueous ammonium chloride solutions at 298.15 K. *J. Chem. Eng. Data.* 1990. **35**: 87-9.
21. Banipal, T. S.; Bhatia, A.; Banipal, P. K.; Singh, G.; Kaur, D. Partial molar volumes and viscosities of some amino acids in aqueous electrolyte and non-electrolyte solutions. *J. Indian Chem Soc.* 2004. **81**: 126-131.
22. Bhat, R.; Ahluwalia, J. C. Effect of calcium chloride on the conformation of proteins. *Int. J. Pept.* 1987. **30**: 145-152.
23. Bhat, R.; Ahluwalia, J. C. Partial molar heat capacities and volumes of transfer of some amino acids and peptide from water to aqueous sodium chloride solution at 298.5 K. *J. Phys. Chem.* 1985. **89**: 1099-1105.
24. Rajagopal, K.; Jayabalakrishnan, S. Volumetric and Viscometric Studies of 4-Aminobutyric Acid in Aqueous Solutions of Salbutamol Sulphate at 308.15, 313.15 and 318.15 K. *Chin. J. Chem. Eng.* 2009. **17**: 796-804.
25. Friedman, H.; Krishnan, C. V. Thermodynamics of Ion Hydration, in: Water, A comprehensive treatise. Plenum Press. Vol. **3**. New York. pp. 1-18. 1973.
26. Bhat, R.; Kishore, N.; Ahluwalia, J. C. Thermodynamic studies of transfer of some amino acids and peptides from water to aqueous glucose and sucrose solutions at 298.15 K. *J. Chem. Soc., Faraday Trans. I.* 1988. **84**: 2561-2665.
27. Li, Z.; Sang, W.; Lin, R. Partial molar volumes of glycine, L-alanine and L-serine in aqueous glucose solutions at $T = 298.15$ K. *J. Chem. Thermodyn.* 2002. **34**: 1761-1768.
28. Shahidi, F.; Farrell, P. G. Partial molar volumes of some aminocarboxylic acid in water. *J. Chem. Soc., Faraday Trans.* **1981**. **77**: 963-968.
29. Kabiraz, D. C.; Biswas, T. K.; Islam, M. N.; Huque, M. E. Studies on Molecular Interactions of Some Electrolytes in Water by Volumetric and Viscometric Measurements at $T = (303.15 \text{ to } 323.15 \text{ K})$. *J. Sci. Res.* 2011. **3**: 437-444.
30. Zhenning, Y.; Qian, Z.; Wei, L.; Wang, J. Effect of Temperature on the Interactions of Glycyl Dipep-

- tides with Sodium Dodecyl Sulfate in Aqueous Solution: A Volumetric, Conductometric, and Fluorescence Probe Study, *J. Chem. Eng. Data*. 2010. **55**: 3560-3566.
31. Hepler, L. G. Thermal expansion and structure in water and aqueous solutions. *Can. J. Chem.* 1969. **47**: 4613-4617.
 32. Rajagopal, K.; Jayabalakrishnan, S. Effect of Temperature on Volumetric and Viscometric Properties of Homologous Amino Acids in Aqueous Solutions of Metformin Hydrochloride. *Chin. J. Chem. Eng.* 2010. **18**: 425-445.
 33. Berlin, E.; Pallansch, M. J. Densities of several proteins and L-aminoacids in the dry state. *J. Phys. Chem.* 1968. **72**: 1887-1889.
 34. Millero, F. J.; Antonio, L. S.; Charles, S. The apparent molar volumes and adiabatic compressibilities of aqueous amino acids at 25 °C. *J. Phys. Chem.* 1978. **82**: 784-792.
 35. Yan, Z.; Wang, J.; Kong, W.; Lu, J. Effect of temperature on volumetric and viscosity properties of some [alpha]-amino acids in aqueous calcium chloride solutions. *Fluid Phase Equilib.* 2004. **215**: 143-150.
 36. Wadi, R. K.; Ramasami, R. Partial molar volumes and adiabatic compressibilities of transfer of glycine and DL-alanine from water to aqueous sodium sulphate at 288.15, 298.15 and 308.15 K. *J. Chem. Soc., Faraday Trans.* 1997. **93**: 243-247.
 37. McMillan, W. G.; Mayer, J. E. The statistical thermodynamics of multi-component system. *J. Chem. Phys.* 1945. **13**: 276-305.
 38. Kozak, J.; Knight, W.; Kauzmann, W. Solute-Solute Interactions in Aqueous Solutions. *J. Chem. Phys.* 1968. **48**: 675-691.
 39. Bartłomiej, P.; Dunal, J.; Waliszewski, D. Enthalpic Interaction Coefficients of Several l- α -Amino Acids in Aqueous Sodium Chloride Solutions at 298.15 K. *J. Chem. Eng. Data*. 2010. **55**: 5216-5218.
 40. Tarlok, S. B.; Jasbir, K.; Parampaul, K.; Ashwani, K.; Kultar, S. Volumetric and Viscometric Studies of Some Amino Acids in Aqueous Solutions of Cadmium Chloride at T = (288.15 to 318.15) K and at Atmospheric Pressure. *J. Chem. Eng. Data*. 2011. **56**: 2751-2760.
 41. Lark, B. S.; Patyar, P.; Banipal, T. S. Thermodynamic studies on the interactions of diglycine with MgCl₂ in aqueous medium at different temperatures, *J. Chem. Thermodyn.* 2006. **38**: 1592-1605.

