

CHEMKIT

Desarrollado por:

David Jhonatan Baez Pérez

Lima, Perú

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	1
INSTALACIÓN.....	1
INICIO DE LA APP	3
VISTA SIMBÓLICA Y VISTA NUMÉRICA.....	4
Titulación ácido-base	6
Procedimiento de uso.....	6
Ejemplo 1.....	7
Ejemplo 2.....	9
Equilibrio ácido-base.....	10
Procedimiento de uso.....	10
Ejemplo 3.....	10
MENU VIEW	12
Coeficientes de Actividad	12
Procedimiento de uso.....	13
Ejemplo 4.....	13
Valoración Ácido-Base	15
Procedimiento de uso.....	15
Ejemplo 5.....	15
Valoración Complexométrica	17
Procedimiento de uso.....	17
Ejemplo 6.....	17
CRÉDITOS	20
REFERENCIAS.....	20

INTRODUCCIÓN

ChemKit es una aplicación para HP Prime que contiene programas que permiten resolver problemas típicos de cálculo de coeficientes de actividad, equilibrio ácido-base, titulación ácido-base y titulación complejométrica.

Todos los programas de ChemKit están basados en mis apuntes de clase del curso “Análisis Químico Cuantitativo” y en la teoría presentada en los capítulos 8, 9, 10, 11 y 12 del libro *Quantitative Chemical Analysis, 7th Edition* de Daniel C. Harris.

Recomiendo tener la calculadora gráfica actualizada a la última versión; al mes de febrero de 2020, la última versión de software es: **2.1 .14425 (2020 01 16)**. La aplicación podría funcionar correctamente en versiones anteriores, pero no puedo garantizarlo.

Antes de describir el uso de los programas, debo resaltar que éstos solo muestran resultados y no muestran procedimientos. Por lo tanto, el usuario debe conocer la teoría e interpretar los resultados que obtiene en los programas.

INSTALACIÓN

1. Descomprime el archivo zip ChemKit.
2. Conecta tu calculadora a tu PC y ejecuta el Kit de Conectividad HP (HP Connectivity Kit).
3. Arrastra la carpeta **ChemKit.hpappdir** al panel de calculadoras en el Kit de Conectividad HP (Fig. 1).
4. Verifica que la app ChemKit se haya instalado en tu calculadora (Fig. 2).

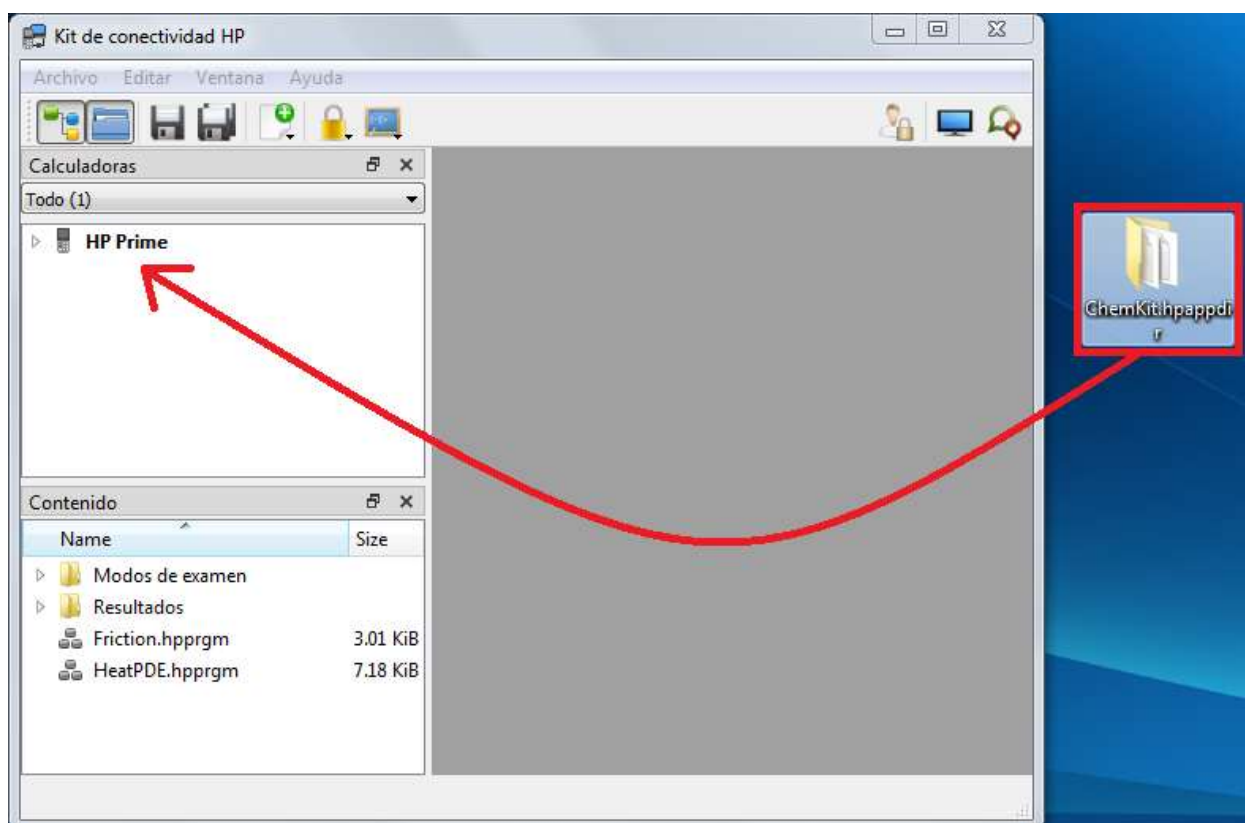


Figura 1. Instalación de la APP

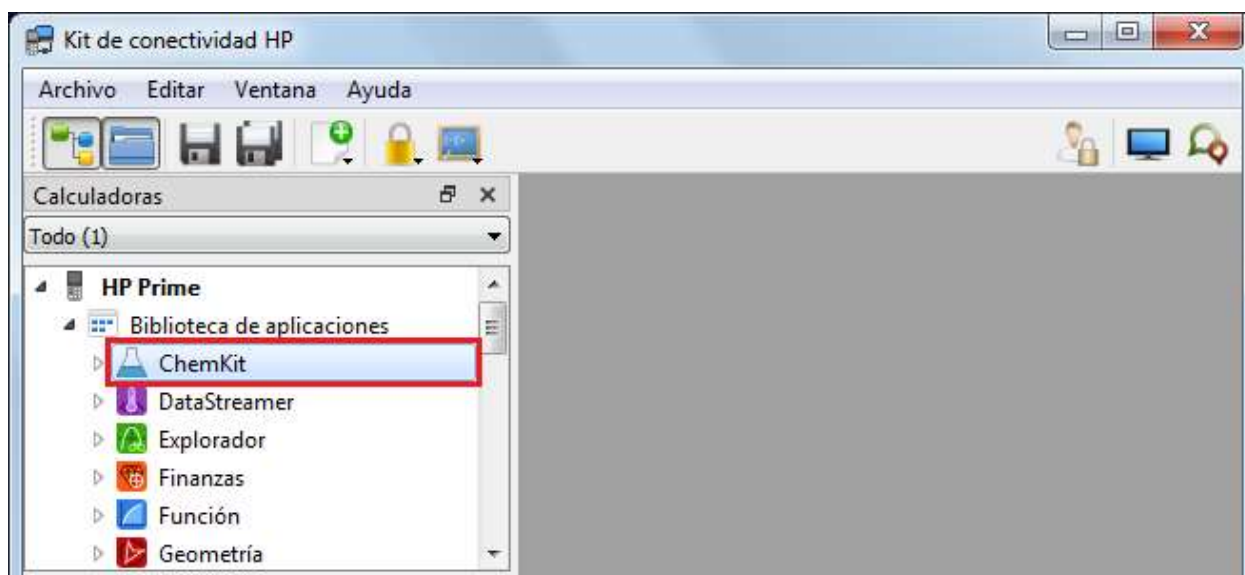


Figura 2. Verificación de la instalación de la APP

INICIO DE LA APP



Para iniciar la APP ChemKit, pulse la tecla


Luego, busque la APP ChemKit y pulse sobre el ícono.



Figura 3. Biblioteca de aplicaciones

Al iniciar la APP, usted accederá inmediatamente a la Vista Simbólica.

VISTA SIMBÓLICA Y VISTA NUMÉRICA

Para acceder a la vista simbólica, tiene dos opciones: iniciar la APP (como se indicó previamente) o presionar la tecla .

En la vista simbólica (Fig. 4) se presentan 6 ecuaciones (E1-E6), cada una de estas ecuaciones está asociada a un problema específico. Los detalles se muestran en la tabla 1.

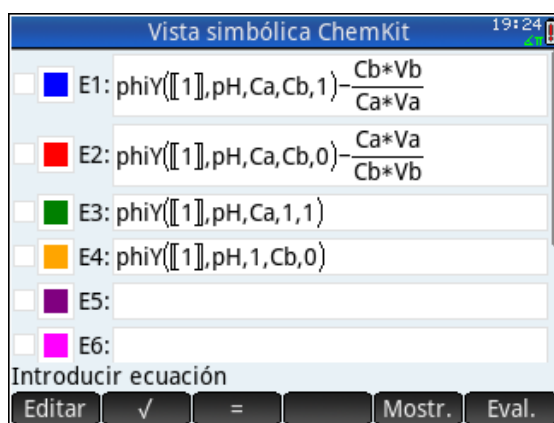


Figura 4. Vista simbólica de ChemKit

Tabla 1. Detalles de las ecuaciones de la vista simbólica

Problema	Tipo de Problema	Ecuación
Titulación ácido-base	Titulación de un ácido débil usando una base fuerte como agente titulante	E1
	Titulación de una base débil usando un ácido fuerte como agente titulante	E2
Equilibrio ácido-base	Equilibrio de una especie ácida	E3
	Equilibrio de una especie básica	E4

Solo se puede resolver una ecuación a la vez. Para habilitar la ecuación, seleccione su respectiva casilla de verificación (Fig. 5). Solo debe permanecer seleccionada una casilla, de lo contrario, no se podrá hallar solución.

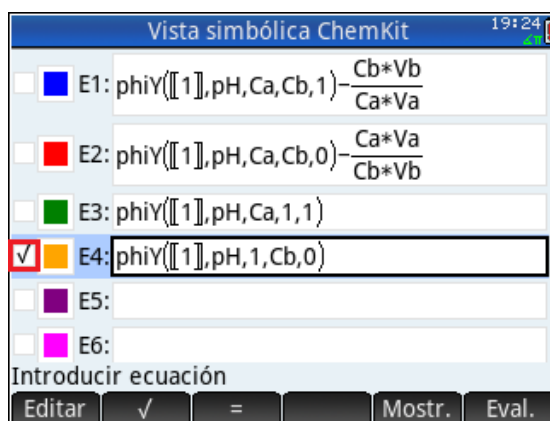



Figura 5. Selección de ecuación en la vista simbólica

Para acceder a la vista numérica, presione . Puede alternar las vistas presionando .

y ; no hay necesidad de iniciar de nuevo la APP.

En la vista numérica (Fig. 6), usted podrá ingresar los datos que proporciona su problema y hallar la solución.

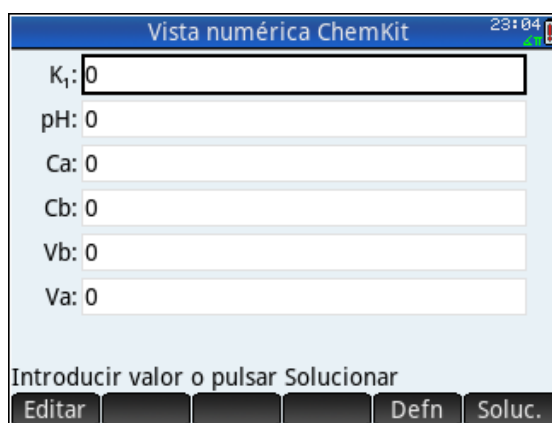


Figura 6. Vista numérica de ChemKit

Titulación ácido-base

Si desea resolver un problema de titulación ácido-base, puede utilizar las ecuaciones E1 (si la muestra es un ácido y el agente titulante es una base fuerte) o E2 (si la muestra es una base y el agente titulante es un ácido fuerte).

Procedimiento de uso

1. En la vista simbólica, seleccione la casilla de la ecuación que desea utilizar.
2. Luego, edite la ecuación (pulse **Editar**) y dentro de los corchetes ingrese las constantes (de acidez o basicidad) de la muestra. Se pueden ingresar hasta tres constantes. Si una de las constantes es infinito (es decir, la disociación es “fuerte”), deberá ingresar un número muy grande (por ejemplo 10^{15}).
3. En la vista numérica, ingrese todos los datos que presente su problema.
4. Las variables que se presentan en la vista numérica son:
 - ✓ pH: valor de pH de la solución en el punto final de la titulación
 - ✓ Ca: Concentración analítica del ácido
 - ✓ Cb: Concentración analítica de la base
 - ✓ Va: Volumen del ácido
 - ✓ Vb: Volumen de la base
5. Para hallar solución, debe ingresar valores para cuatro de éstas variables. La quinta variable será aquella que desea calcular.
6. Seleccione la variable que desea calcular y pulse **Soluc.** para resolver.

Ejemplo 1

Calcular el pH al mezclar 20mL de H_2CO_3 0.100M ($\text{pK}_1 = 6.35$ y $\text{pK}_2 = 10.33$) con los siguientes volúmenes de NaOH 0.100M en mL:

a) 5 b) 30 c) 55

(Quiroz García, Titulación del ácido carbónico pH vs volumen [archivo de video], 2019)

Solución

Tabla 2. Resumen de datos y resultados del ejemplo 1

Variable	Valor	Resultado
K₁	$10^{-6.35}$	
K₂	$10^{-10.33}$	
pH		a) 5.87 b) 10.32 c) 12.31
Ca	0.1	
Cb	0.1	
Va	20	
Vb	a) 5 b) 30 c) 55	

- ✓ Editamos la ecuación E1 e ingresamos las constantes de acidez (Fig. 7).
- ✓ Ingresamos los datos del problema, seleccionamos la variable que queremos calcular (pH) y pulsamos **Soluc.** (Fig. 8).
- ✓ El resultado se mostrará inmediatamente (Fig. 9).
- ✓ Repetimos el procedimiento con $V_b=30$ y $V_b=55$ (Fig. 10 y Fig. 11)

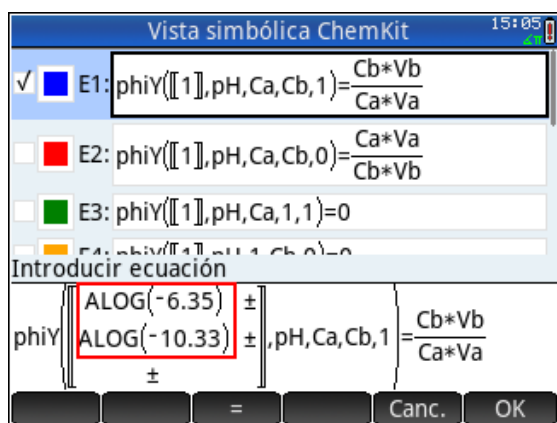


Figura 7. Ingreso de las constantes de acidez en la vista simbólica

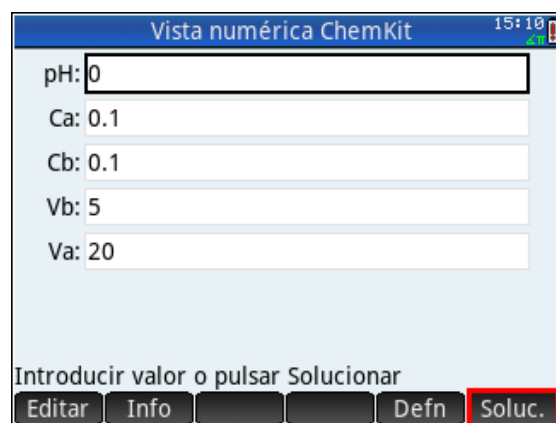


Figura 8. Ingreso de datos y selección de la incógnita (pH)

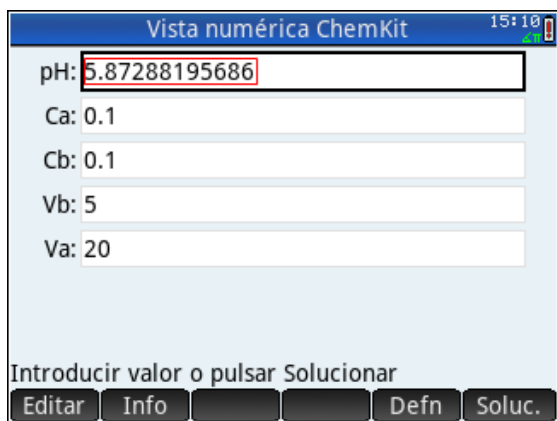


Figura 9. Solución del ejemplo 1-a

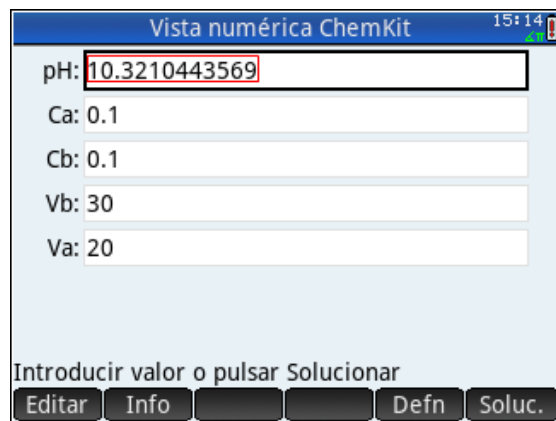


Figura 10. Solución del ejemplo 1-b

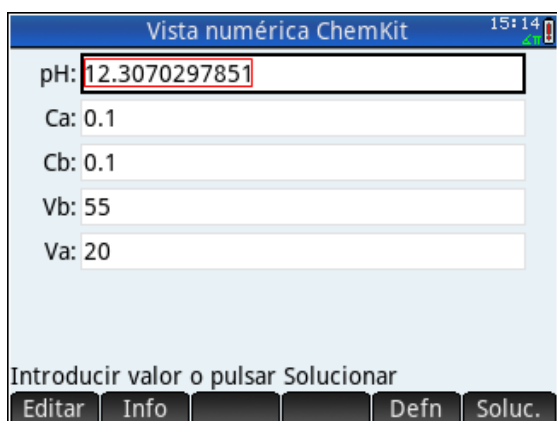


Figura 11. Solución del ejemplo 1-c

Ejemplo 2

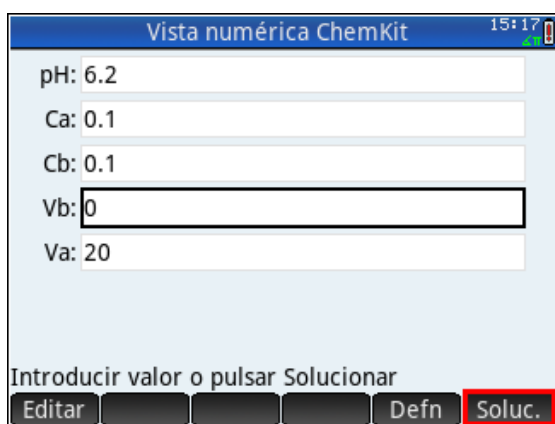
Determinar el %error al titular 20mL de H_2CO_3 0.100M ($\text{pK}_1 = 6.35$ y $\text{pK}_2 = 10.33$) con NaOH 0.100M para el primer punto equivalente utilizando rojo de metilo como indicador (rango de viraje: 4.2 - 6.2).

(Quiroz García, SELECCIÓN DE INDICADOR ÁCIDO BASE CON MÉTODO APROXIMADO [archivo de video], 2019)

Solución

pH (punto final) = 6.2

- ✓ Editamos la ecuación E1 e ingresamos las constantes de acidez (Fig. 7)
- ✓ Ingresamos los datos del problema, seleccionamos la variable que queremos calcular (V_b) y pulsamos **Soluc.** (Fig. 12).
- ✓ El resultado se mostrará inmediatamente (Fig. 13).



Vista numérica ChemKit 15:17

pH: 6.2

Ca: 0.1

Cb: 0.1

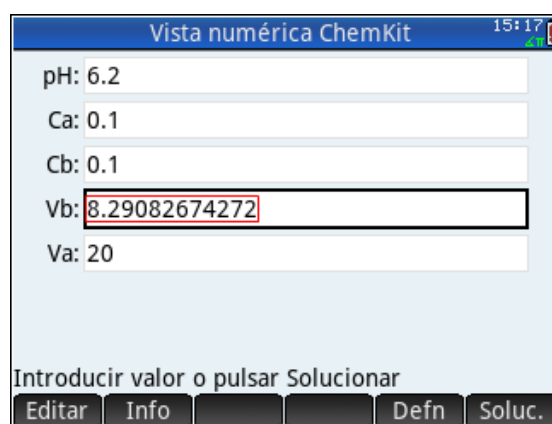
Vb: 0

Va: 20

Introducir valor o pulsar Solucionar

Editar Defn Soluc.

Figura 12. Ingreso de datos y selección de incógnita (V_b)



Vista numérica ChemKit 15:17

pH: 6.2

Ca: 0.1

Cb: 0.1

Vb: 8.29082674272

Va: 20

Introducir valor o pulsar Solucionar

Editar Info Defn Soluc.

Figura 13. Solución del ejemplo 2

Equilibrio ácido-base

Si desea resolver un problema de equilibrio ácido-base, puede utilizar las ecuaciones E3 (si la muestra es un ácido) o E4 (si la muestra es una base).

Procedimiento de uso

1. En la vista simbólica, seleccione la casilla de la ecuación que desea utilizar.
2. Luego, edite la ecuación (pulse **Editar**) y dentro de los corchetes ingrese las constantes (de acidez o basicidad) de la muestra. Se pueden ingresar hasta tres constantes. Si una de las constantes es infinito (es decir, la disociación es “fuerte”), deberá ingresar un número muy grande (por ejemplo 10^{15}).
3. En la vista numérica, ingrese todos los datos que presente su problema.
4. Las variables que se presentan en la vista numérica son:
 - ✓ pH: valor de pH en el punto final
 - ✓ Ca o Cb: Concentración analítica de la muestra (ácido o base)
5. Para hallar solución, debe ingresar el valor de una de éstas variables. La otra variable será aquella que desea calcular.
6. Seleccione la variable que desea calcular y pulse **Soluc.** para resolver.

Ejemplo 3

Calcular el pH del H_2SO_4 acuoso ($K_2 = 1.00 \times 10^{-2}$) para las siguientes concentraciones:

- a) $C_0 = 1.00 \times 10^{-3} \text{ M}$ b) $C_0 = 2.00 \text{ M}$

(Quiroz García, ACIDO SULFURICO PH [archivo de video], 2019)

Solución

1. Editamos la ecuación E3 e ingresamos las constantes de acidez (Fig. 14).

2. Ingresamos la concentración del ácido, seleccionamos la variable pH y pulsamos **Soluc.** (Fig. 15).
3. El resultado se muestra de inmediato (Fig. 16).
4. Repetimos el procedimiento con Ca=2, el resultado se muestra de inmediato (Fig. 17).

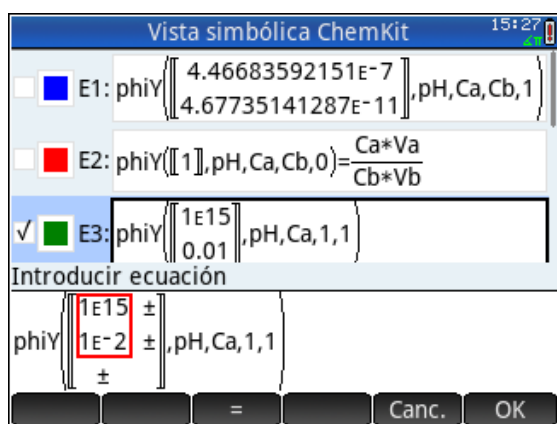


Figura 14. Ingreso de las constantes de acidez en la vista simbólica

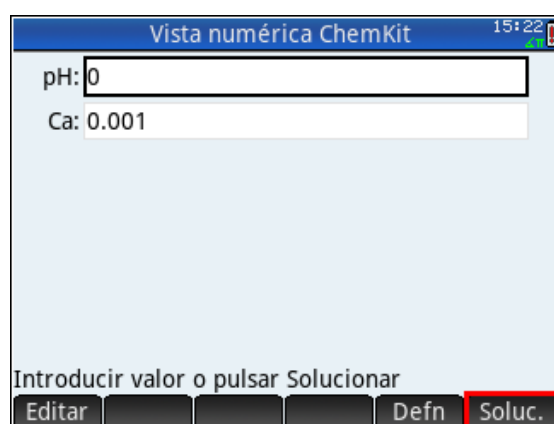


Figura 15. Ingreso de datos y selección de incógnita (pH)

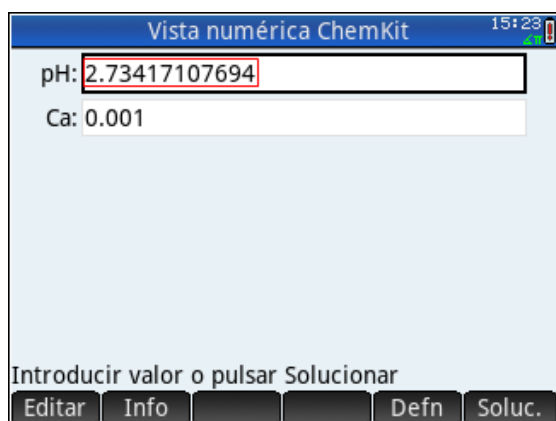


Figura 16. Solución del ejemplo 2-a

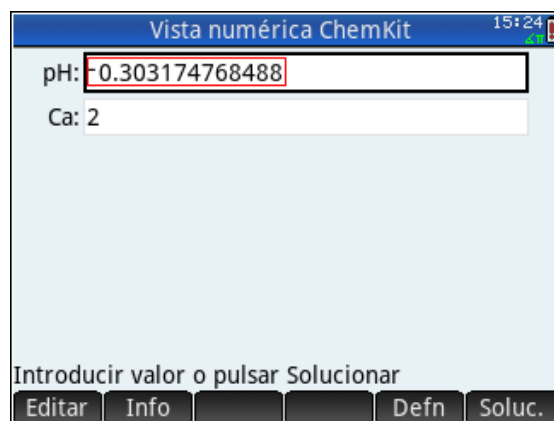



Figura 17. Solución del ejemplo 2-b

MENU VIEW

Para acceder a los programas del menú VIEW, presione la tecla . A continuación, podrá elegir y ejecutar uno de los tres programas disponibles: Coeficientes de Actividad, Valoración ácido-base y Valoración complexométrica.

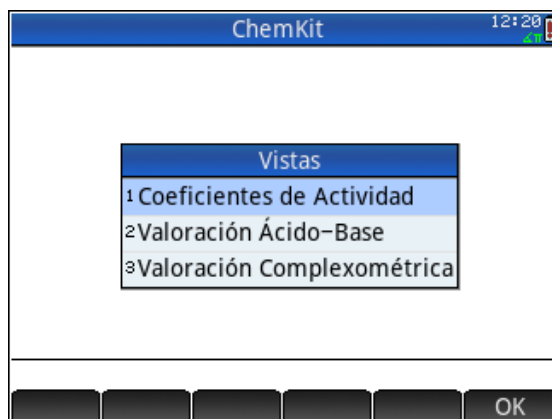


Figura 18. Menú VIEW

Coeficientes de Actividad

Este programa permite calcular la fuerza iónica (μ) y los coeficientes de actividad (γ) de las especies iónicas presentes en una disolución. El cálculo de los coeficientes de actividad se puede realizar mediante la ecuación de Debye-Hückel extendida o la ecuación simplificada.

Ec. Debye-Hückel extendida:

$$-\log(\gamma_x) = \frac{0.51 \times Z_x^2 \times \sqrt{\mu}}{1 + 3.3 \times \alpha_x \times \sqrt{\mu}}$$

Ec. Debye-Hückel simplificada:

$$-\log(\gamma_x) = \frac{0.51 \times Z_x^2 \times \sqrt{\mu}}{1 + \sqrt{\mu}}$$

Parámetros:

- γ_x : coef. De actividad de la especie iónica “x”.
- Z_x : carga de la especie iónica “x”.
- α_x : diámetro efectivo del ion hidratado “x” en nanómetros (10^{-9}m).
- μ : fuerza iónica de la disolución.

Procedimiento de uso

1. Seleccione la ecuación a utilizar.
2. Ingrese el número de especies iónicas en disolución.
3. Este paso es opcional. Si conoces las concentraciones de las especies iónicas en solución, continúa al paso 4; si conoces la cantidad de sustancia (mol) de las especies iónicas en disolución, prosigue al siguiente punto.
 - Marca la casilla.
 - Ingresa el volumen total de la disolución (si ingresas el volumen en mililitros, deberás ingresar la cantidad de sustancia en milimol; si ingresas el volumen en litros deberás ingresar la cantidad de sustancia en mol).
4. Ingresa la carga, la concentración (o moles) y el diámetro para cada especie iónica.

Ejemplo 4

Calcule los coeficientes de actividad de cada uno de los iones presentes en una disolución acuosa que es 0.020M con respecto al Na_2SO_4 , 0.0010M con respecto al CaSO_4 y 0.030M en $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

$$\alpha_{\text{Na}^+} = 0.4 \text{ nm}$$

$$\alpha_{\text{Ca}^{2+}} = 0.6 \text{ nm}$$

$$\alpha_{\text{Al}^{3+}} = 0.9 \text{ nm}$$

$$\alpha_{\text{SO}_4^{2-}} = 0.4 \text{ nm}$$

Solución

1. Cálculo de las concentraciones de las especies iónicas.

$$[\text{Na}^+] = 2 \times 0.02 = 0.04 \text{ M}$$

$$[\text{Ca}^{2+}] = 0.001 \text{ M}$$

$$[\text{Al}^{3+}] = 2 \times 0.03 = 0.06 \text{ M}$$

$$[\text{SO}_4^{2-}] = 0.02 + 0.001 + 3 \times 0.03 = 0.111 \text{ M}$$

2. Seleccionamos la ecuación de Debye-Hückel extendida (Fig. 19).
3. Ingresamos el número de especies iónicas (4 especies iónicas) y desmarcamos la casilla del volumen de la solución (Fig. 20).
4. Ingresamos la carga, la concentración y el diámetro en nanómetros de cada especie iónica (Fig. 21).
5. Los resultados se muestran en el terminal (Fig. 22) y los coeficientes de actividad para cada especie, en la matriz de resultados (Fig. 23).

The screenshot shows a software interface titled 'DATOS' with a timestamp of 12:20. It features a dropdown menu for 'Ecuación' with two options: 'Ec. Debye-Hückel Simplificada' and 'Ec. Debye-Hückel Extendida'. Below this, there is a field for 'N=' and a field for 'V= 100' with a checkmark icon. At the bottom, there is a prompt 'Seleccione qué ecuación utilizará' and a row of six buttons.

Figura 19. Selección de la ecuación

The screenshot shows the 'DATOS' screen with a timestamp of 12:21. The 'Ecuación' dropdown is set to 'Ec. Debye-Hückel Extendida'. Below it, 'N=' is set to 4. The 'V=' field is set to 100, and there is an unchecked checkbox next to it. At the bottom, there is a prompt '¿Usar el dato de Volumen total de la solución?' and a row of buttons including a checkmark, 'Canc.', and 'OK'.

Figura 20. Ingreso de datos de la solución

CAS	Carga Z	Concentrac	α (nm)	4
1	1	0.04	0.4	
2	2	0.001	0.6	
3	3	0.06	0.9	
4	-2	0.111	0.4	
5				

Below the table is a large blue rectangular area and a row of buttons: 'Editar', 'Más', 'Ir a', 'Ir ↓', 'Canc.', and 'OK'.

Figura 21. Ingreso de datos de las especies iónicas

The screenshot shows a 'Terminal' window with a timestamp of 12:07. It displays the title 'ECUACIÓN DE DEBYE-HÜCKEL EXPANDIDA' followed by the formulas:
 $\mu = 1/2 * \sum([M]*Z^2)$
 $\text{LOG}(y) = -0.51 * Z^2 * \sqrt{\mu} / (1 + \alpha * 3.3 * \sqrt{\mu})$
 Below these formulas, the calculated values are shown:
 $\mu = 0.514$

Figura 22. Resultados en el terminal

RESULTADOS				
CAS	Carga Z	Concentrac	α (nm)	γ
1	1	0.04	0.4	0.6488470
2	2	0.001	0.6	0.2486128
3	3	0.06	0.9	8.8799E-2
4	-2	0.111	0.4	0.1772430
5				

Editar Más Ir a Ir → Canc. OK

Figura 23. Coeficientes de actividad de cada especie iónica

Valoración Ácido-Base

Este programa permite calcular el volumen de agente titulante necesario para llegar a un determinado pH en una titulación ácido-base, además, muestra las fracciones α y Φ de la titulación. Este programa es útil para resolver problemas de titulación con indicadores.

Procedimiento de uso

1. Seleccione la muestra a titular (ácido o base) y qué tipo de especie es (mono-, di-, tri-prótica/básica).
2. Ingrese las constantes de disociación de la muestra y el pH en el punto final.
3. Ingrese la concentración del ácido, la concentración de la base y el volumen de la muestra.

Ejemplo 5

Determinar el %error al titular 20mL de H_2CO_3 0.100M ($\text{pK}_1 = 6.35$ y $\text{pK}_2 = 10.33$) con NaOH 0.100M para el primer punto equivalente utilizando rojo de metilo como indicador (rango de viraje: 4.2 - 6.2).

(Quiroz García, SELECCIÓN DE INDICADOR ÁCIDO BASE CON MÉTODO APROXIMADO [archivo de video], 2019)

Este ejemplo es idéntico al ejemplo 2.

Solución

1. Seleccionamos la muestra a titular: ácido diprótico. También ingresamos el pH en el punto final ($\text{pH}=6.2$) y las dos constantes de acidez $K_1 = 10^{-6.35}$ y $K_2 = 10^{-10.33}$ (el programa ignorará el valor de K_3 debido a que hemos seleccionado “diprótico/dibásica”) (Fig. 24).
2. Ingresamos la concentración del ácido $C_a = 0.1$, la concentración de la base $C_b = 0.1\text{M}$ y el volumen de la muestra $V_m = 20\text{mL}$ (Fig. 25).
3. Los resultados se muestran en la terminal: los valores de α , Φ y del volumen de agente titulante (Fig. 26).

DATOS (Pág. 1/2) 22:50

Ácido ▾ Diprótico/Dibásica ▾

$K_1 = 4.46683592151\text{E}-7$

$K_2 = 4.67735141287\text{E}-11$

$K_3 = 0$

pH= 6.2

Ingrese K_a o K_b de la muestra

Editar Página 1/2 ▾ Canc. OK

Figura 24. Ingreso de datos (Página 1)

DATOS (Pág. 2/2) 22:50

Ca= 0.1

Cb= 0.1

Vm= 20

Ingrese la concentración inicial del ácido

Editar Página 2/2 ▲ Canc. OK

Figura 25. Ingreso de datos (Página 2)

Terminal 22:50

$\alpha_0 = 0.585480688368$

$\alpha_1 = 0.41448858517$

$\alpha_2 = 3.07264633088\text{E}-5$

$\alpha_3 = ---$

$\Phi = 0.414541337136$

Vol. de ag. titulante= 8.29082674272

Figura 26. Resultados en el terminal

Tabla 3. Significado de la fracciones alfa

FRACCIONES ALFA				
	Muestra ácida	Fórmula	Muestra básica	Fórmula
α_0	Especie ácida neutra	H_3A	Especie básica neutra	B
α_1	1ra desprotonación de la muestra	H_2A^-	1ra protonación de la muestra	BH^+
α_2	2da desprotonación de la muestra	HA^{2-}	2da protonación de la muestra	BH_2^{2+}
α_3	3ra desprotonación de la muestra	A^{3-}	3ra protonación de la muestra	BH_3^{3+}

Valoración Complexométrica

Este programa es útil para resolver problemas de titulación de cationes metálicos con EDTA disódico a pH constante. Para más información, puede revisar la sección 12.3. *EDTA Titration Curves* del libro *Quantitative Chemical Analysis, 7th Edition* de Daniel C. Harris.

Procedimiento de uso

1. Ingrese la concentración del ion metálico (C_m), el volumen del ion metálico (V_m), la concentración del ligando (C_l), el volumen del ligando (V_l) y la fracción alfa ($\alpha_{Y^{4-}}$).
 - Si conoce el valor de la constante de formación condicional (K_f'), ingrese su valor en lugar de la constante de formación del complejo (K_f) y desmarque la casilla. Recuerde que: $K_f' = \alpha_{Y^{4-}} \times K_f$

Ejemplo 6

Se tiene 20 mL de solución de $CaCl_2$ 0.100M tamponado a pH=10.0 y se titula con una solución de sal disódica de EDTA 0.100M. Calcular pCa para cada uno de los siguientes volúmenes (en mL) añadidos de titulante: a) 0.0 b) 5.0 c) 20.0 d) 25.0

Datos: a pH = 10.0 $\left\{ \begin{array}{l} \alpha_{Y^{4-}} = 0.365 \\ K_{CaY^{2-}} = 5 \times 10^{10} \end{array} \right.$

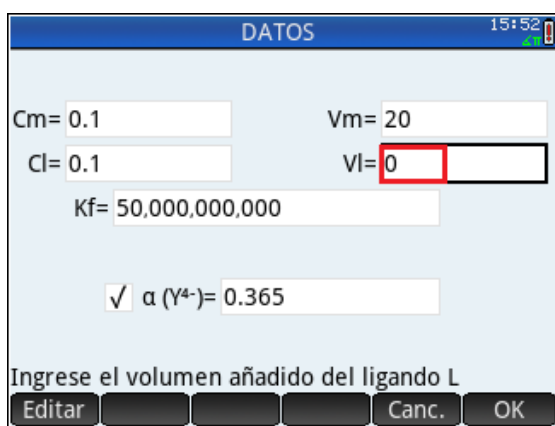
(Quiroz García, Calcio EDTA Tamponado [archivo de video], 2019)

Solución

1. Ingresar los datos (Figs. 27, 29, 31, 33).

- Concentración del ion metálico $C_m = 0.1M$
- Volumen del ion metálico $V_m = 20mL$
- Concentración de EDTA $C_l = 0.1M$
- Volumen añadido de EDTA
 - a. $V_l = 0.0mL$
 - b. $V_l = 5.0mL$
 - c. $V_l = 20.0mL$
 - d. $V_l = 25.0mL$
- Marcamos la casilla e ingresamos el valor de $\alpha_{Y^{4-}}$

2. Los resultados se muestran en el terminal (Figs. 28, 30, 32, 34).



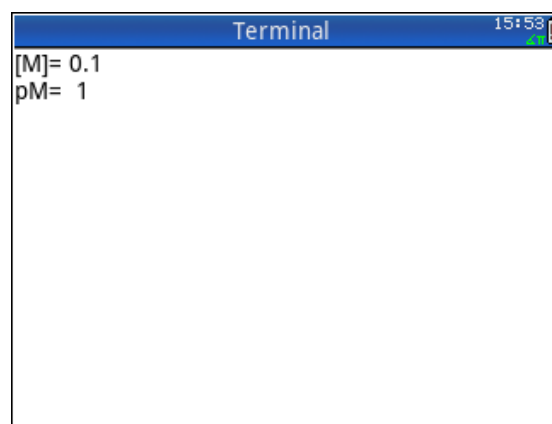
DATOS 15:52

Cm= 0.1 Vm= 20
Cl= 0.1 Vl= 0
Kf= 50,000,000,000
☒ $\alpha(Y^{4-})= 0.365$

Ingrese el volumen añadido del ligando L

Editar Canc. OK

Figura 27. Ingreso de datos del ejemplo 6-a



Terminal 15:53

[M]= 0.1
pM= 1

Figura 28. Solución del ejemplo 6-a

DATOS 15:53

Cm= 0.1 Vm= 20
 Cl= 0.1 VI= 5
 Kf= 50,000,000,000
☒ $\alpha(Y^{4-}) = 0.365$

Ingrese el volumen añadido del ligando L

Editar Canc. OK

Figura 29. Ingreso de datos del ejemplo 6-b

Terminal 15:54

[M]= 6.00000000188E-2
 pM= 1.22184874948

Figura 30. Solución del ejemplo 6-b

DATOS 15:54

Cm= 0.1 Vm= 20
 Cl= 0.1 VI= 20
 Kf= 50,000,000,000
☒ $\alpha(Y^{4-}) = 0.365$

Ingrese el volumen añadido del ligando L

Editar Canc. OK

Figura 31. Ingreso de datos del ejemplo 6-c

Terminal 15:54

[M]= 1.65518438018E-6
 pM= 5.78115362072

Figura 32. Solución del ejemplo 6-c

DATOS 15:55

Cm= 0.1 Vm= 20
 Cl= 0.1 VI= 25
 Kf= 50,000,000,000
☒ $\alpha(Y^{4-}) = 0.365$

Ingrese el volumen añadido del ligando L

Editar Canc. OK

Figura 33. Ingreso de datos del ejemplo 6-d

Terminal 15:55

[M]= 2.19178076789E-10
 pM= 9.65920288817

Figura 34. Solución del ejemplo 6-d

CRÉDITOS

Autor:

David Jhonatan Baez Pérez

djbaez26mdc@outlook.com

Programas usados:

HP Connectivity Kit

HP Prime Virtual Calculator

PrimeComm

REFERENCIAS

Harris, D. (2007). *Quantitative chemical analysis* (Seventh ed.). New York: W.H. Freeman and Co.

Quiroz García, J. A. (19 de Septiembre de 2019). *ACIDO SULFURICO PH [archivo de video]*. Recuperado el 30 de Enero de 2020, de https://www.youtube.com/watch?v=q_Gghu5W5gc

Quiroz García, J. A. (2 de Diciembre de 2019). *Calcio EDTA Tamponado [archivo de video]*. Recuperado el 30 de Enero de 2020, de <https://www.youtube.com/watch?v=sPk2v2zsw5o>

Quiroz García, J. A. (3 de Octubre de 2019). *SELECCIÓN DE INDICADOR ÁCIDO BASE CON MÉTODO APROXIMADO [archivo de video]*. Recuperado el 30 de Enero de 2020, de <https://www.youtube.com/watch?v=6kEyIH8LFo>

Quiroz García, J. A. (25 de Septiembre de 2019). *Titulación del ácido carbónico pH vs volumen [archivo de video]*. Recuperado el 30 de Enero de 2020, de https://www.youtube.com/watch?v=o_CAL0tnu-o