

Influencia de la dilución y concentración de los electrolitos en la medición del pH en suelos ácidos

Influence of dilution and concentration of electrolytes in pH measurement in acids soils

Jorge A Delgado S ¹, José V Valdez C ², Fernando A Incio F ³

RESUMEN

El presente trabajo estudió la influencia de la relación suelo/concentración de electrolitos extractantes (CaCl₂ 0.01 y 0.02 M y KCl 0.1 y 1M), en la medición del pH en suelos ácidos. Se analizaron 180 muestras de suelos, extraídas a 30 cm de profundidad, provenientes del distrito de Iberia en la provincia de Puerto Maldonado región Madre de Dios. Las mediciones se realizaron en la suspensión. El valor de R=0.8880 obtenido del análisis de Pearson y el resultado de la varianza estableciendo el valor de Ficher tabulado (28.8974) mayor que el calculado (4.6005E-10) demostraron, que existe correlación múltiple. Concluyendo que, la dilución del suelo, tiene efecto directo sobre el pH, a mayor dilución mayor incremento del pH, la medición de pH de suelos fuertemente ácidos empleando KCl produce valores más confiables que cuando son medidos en agua y el incremento de la concentración de las sales no tuvo efecto considerable sobre la medición del pH.

Palabras clave: pH, iones hidrógeno, KCl (cloruro de potasio), CaCl₂ (Cloruro de calcio).

ABSTRACT

The present work studied the influence of the soil / concentration ratio of extracting electrolytes (CaCl₂ 0.01 and 0.02 M and KCl 0.1 and 1M), in the measurement of pH in acidic soils. 180 soil samples, extracted at a depth of 30 cm, from the Iberia district in the province of Puerto Maldonado, Madre de Dios region, were analyzed. The measurements were made in the suspension. The value of R = 0.8880 obtained from the Person analysis and the result of the variance establishing the tabulated Ficher value (28.8974) greater than the calculated one (4.6005E-10) showed that there is multiple correlation. Concluding that, the dilution of the soil has a direct effect on the pH, the greater the dilution the greater the increase in pH, the pH measurement of strongly acidic soils using KCl produces more reliable values than when measured in water and the increase in the concentration of salts had no significant effect on the pH measurement.

Keywords: pH, hydrogen ions, KCl (potassium chloride), CaCl₂ (Calcium chloride)

¹ Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: jorge_delgado@unc.edu.pe

² Innova Green Ingenieros. Email: jvaldez@innovagreeningenieros.com

³ Universidad Nacional de Chota. Email: alinfl88@unach.edu.pe

INTRODUCCIÓN

Una de las propiedades más importantes del suelo es el pH o grado de acidez o alcalinidad del suelo. Su efecto sobre el desarrollo de las plantas no es directo, sino a través de efectos secundarios causados por la solubilización de elementos tóxicos como el manganeso y el aluminio. (IICA, 2016, p.42)

Los suelos de reacción ácida poseen $\text{pH} < 5.5$, donde prevalece una elevada concentración de iones hidrógeno $[\text{H}^+]$, presentando limitaciones para el crecimiento de la mayoría de las plantas, sean forestales o cultivos, debido que estas condiciones de pH, afectan principalmente la disponibilidad de algunos elementos como el fósforo, habiendo toxicidad debido a la presencia de aluminio, fierro y manganeso; también existe deficiencia de calcio, magnesio, potasio y sodio debido a la lixiviación producto de las condiciones climáticas.

Los suelos del trópico de la amazonia se caracterizan generalmente por su elevado grado de acidez y bajo pH. Siendo la precipitación y la temperatura factores importantes en la formación de estos suelos. La medida del potencial de iones hidrógeno (pH) representa el parámetro más importante. Los valores del pH en distintas diluciones y concentración de electrolitos deberán tener una adecuada interpretación y justificación de acuerdo al método empleado en laboratorio. (Kloster et al., 2008).

Generalmente para la medición del pH de los suelos se emplea como solvente el agua, originando una suspensión, la cual se agita por un tiempo establecido, sin embargo, esta metodología no necesariamente se cumple para suelos ácidos. (Millán et al, 2017).

El problema de medir el pH de muestras de suelo ácidos en suspensiones acuosas es que este valor aumenta por efecto de la dilución.

Piedrahita (2009) indica que, al aumento de dilución causa que los iones divalentes que se encuentran en la superficie de las arcillas (Ca^{+2} y Mg^{+2}), se ionicen, favoreciendo el aumento del pH (p.3)

Algunos autores sugieren que las mediciones del pH se realicen en relaciones 1:1 y 1:2, ya que sugiere que estas condiciones son más cercanas a la realidad natural en comparación a las relaciones más diluidas (Tan, 1996, p. 106).

El objetivo de la investigación fue encontrar la influencia de la relación suelo/concentración de electrolitos extractantes (CaCl_2 0.01 y 0.02 M y KCl 0.1 y 1M), en la medición del pH en suelos ácidos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Estufa marca Nahita, modelo 632 plus. Multiparámetro marca HANNA HI-2550, previamente calibrado en tres puntos con los buffers HI 70004 (pH 4.01), HI 70007 (pH 7.01) y HI 70010 (pH 10.01). Balanza marca RADWAG modelo WTB-200, vasos precipitados de vidrio de 100 ml y baguetas de vidrio. cloruro de calcio 0.01M, 0.02M, cloruro de potasio 0.1M y 1M

Método

Las muestras fueron secadas en la estufa a la temperatura de 105°C durante 72 horas, hasta peso constante, luego fueron molturadas, empleando un mortero y posteriormente tamizadas en malla Tyler 200.

Se pesaron 10 gramos de suelo seco por muestra y se colocaron en vasos precipitados de 100 ml. Se prepararon los siguientes electrolitos a las concentraciones establecidas: cloruro de calcio (CaCl_2) 0.01M, 0.02M y cloruro de potasio (KCl) 0.1M, 1M, empleando agua destilada, además de los electrolitos también se realizó la medición del pH solo en agua destilada.

A cada vaso con los 10 gramos de suelo seco, se le añadió 10, 20, 25 o 30 ml del electrolito a las concentraciones establecidas o agua según sea el caso. Empleando una varilla de vidrio se procedió a agitar la suspensión por un lapso de 10 minutos, luego de ese tiempo se realizó la medición del pH, sumergiendo el bulbo del electrodo del pHmetro.

Se esperó hasta que el valor se mantenga constante, aproximadamente 15 minutos y se procedió a anotar la lectura.

La medición del pH se realizó siguiendo la normativa para la determinación del pH, de título: pH Value. Electrometric Method: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H⁺ B, 22nd Ed.

RESULTADOS

Los resultados de las mediciones de las muestras se aprecian en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados de las mediciones de pH de las muestras, en relación a la dilución y concentración de los electrolitos

Muestra	Relación 10g/10mL					Relación 10g/20mL					Relación 10g/25mL				Relación 10g/30mL					
	CaCl ₂		KCl		Agua	CaCl ₂		KCl		Agua	CaCl ₂		KCl		Agua	CaCl ₂		KCl		Agua
	0.01	0.02	0.10	1.00		0.01	0.02	0.10	1.00		0.01	0.02	0.10	1.00		0.01	0.02	0.10	1.00	
1	4.45	3.80	3.69	3.40	4.66	4.22	3.84	3.63	3.58	4.97	4.28	3.83	3.64	3.61	5.00	4.30	3.83	3.69	3.65	5.08
	3.98	3.78	3.56	3.44	4.67	4.10	3.80	3.62	3.50	4.94	4.19	3.79	3.62	3.52	4.98	4.26	3.79	3.44	3.57	5.00
	3.76	3.86	3.60	3.50	4.65	4.15	3.80	3.59	3.49	4.94	4.20	3.79	3.58	3.52	4.99	4.28	3.74	3.70	3.56	5.05
Promedio	4.06	3.81	3.62	3.45	4.66	4.16	3.81	3.61	3.52	4.95	4.22	3.80	3.61	3.55	4.99	4.28	3.79	3.61	3.59	5.04
2	4.65	4.09	3.90	3.77	4.75	5.00	4.12	3.97	3.90	5.00	5.12	4.12	3.93	3.89	5.17	5.14	4.13	3.97	3.94	5.16
	4.72	4.11	3.89	3.70	4.81	4.90	4.11	3.95	3.80	5.04	4.98	4.06	3.95	3.90	5.11	5.04	4.09	3.98	3.93	5.19
	4.66	4.06	3.88	3.70	4.78	4.89	4.02	3.90	3.85	5.04	4.97	4.08	3.99	3.86	5.10	5.07	4.08	3.96	3.95	5.19
Promedio	4.68	4.09	3.89	3.72	4.78	4.93	4.08	3.94	3.85	5.03	5.02	4.09	3.96	3.88	5.13	5.08	4.10	3.97	3.93	5.18
3	4.50	4.03	3.68	3.47	4.76	4.72	4.05	3.70	3.57	4.92	4.98	4.09	3.72	3.62	5.00	4.96	4.04	3.74	3.66	5.11
	4.65	4.06	3.70	3.48	4.71	4.67	3.98	3.65	3.57	5.02	4.88	4.03	3.71	3.58	5.09	5.01	4.03	3.69	3.61	5.12
	4.58	4.04	3.66	3.46	4.68	4.64	4.07	3.69	3.57	5.00	4.70	3.99	3.69	3.61	5.07	5.03	4.02	3.70	3.60	5.15
Promedio	4.58	4.04	3.68	3.47	4.72	4.68	4.03	3.68	3.57	4.98	4.85	4.04	3.71	3.60	5.05	5.00	4.03	3.71	3.62	5.13

Con los datos de los promedios de la Tabla 1 se obtiene las Figuras de 1 a 9, relación concentración del electrolito y relación de la dilución.

Influencia del pH, respecto a la variación de volumen de electrolito empleado

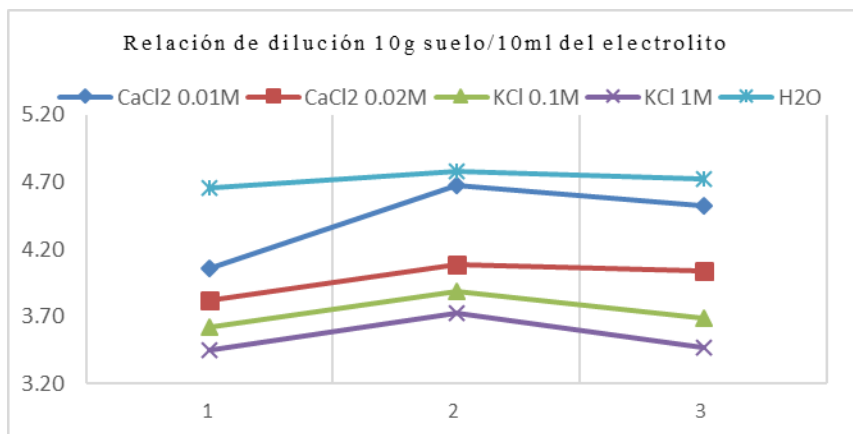


Figura 1. pH Relación de dilución 10 g suelo/10 ml del electrolito

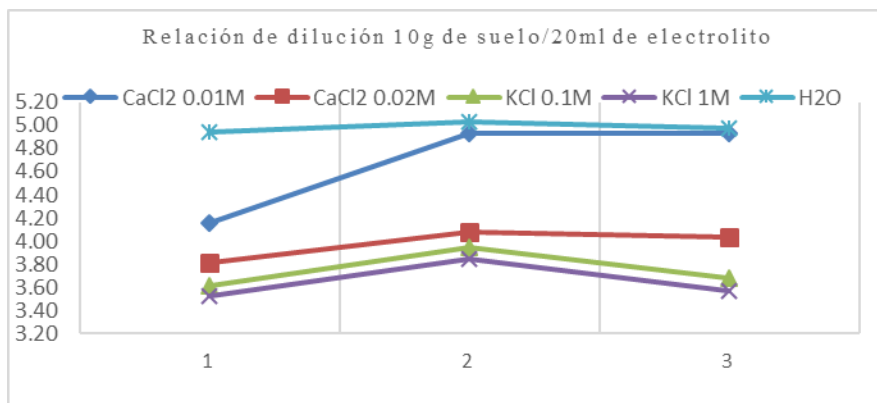


Figura 2. pH vs Relación de dilución 10 g suelo/20 ml del electrolito

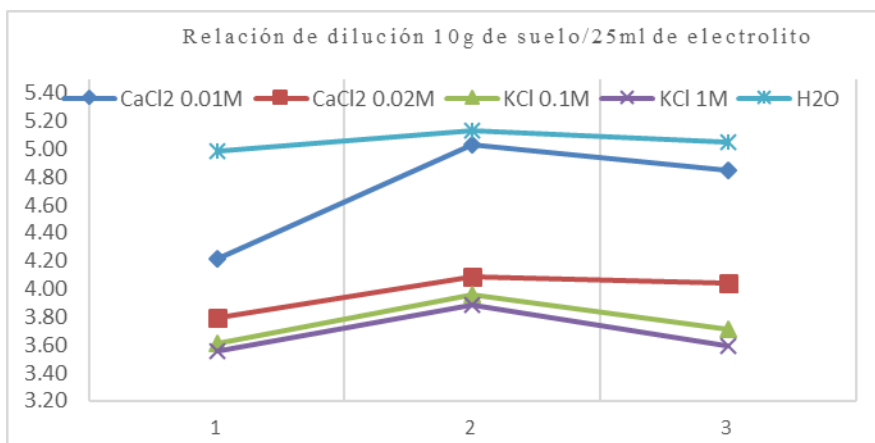


Figura 3. pH vs Relación de dilución 10 g suelo/25 ml del electrolito

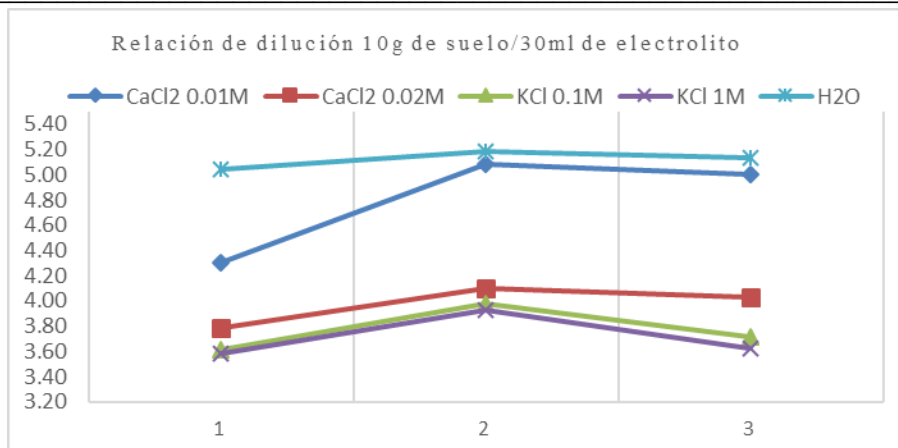


Figura 4. pH vs Relación de dilución 10 g suelo/30 ml del electrolito

Influencia del pH respecto a la concentración del electrolito

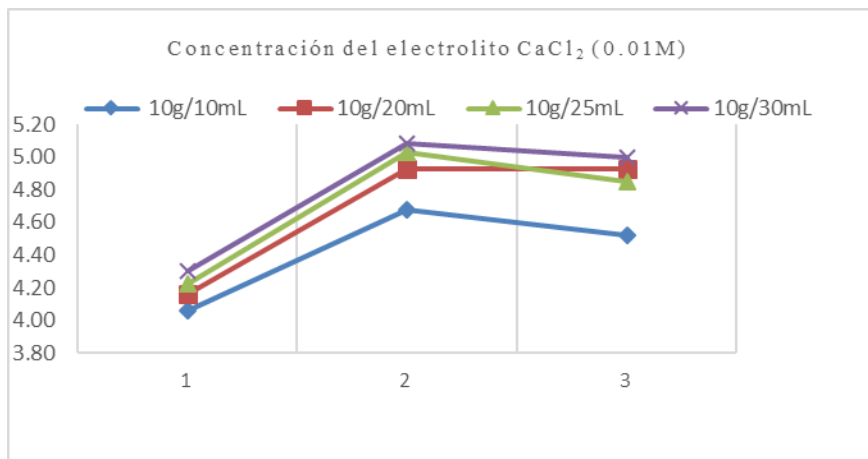


Figura 5. pH vs concentración del electrolito CaCl₂ (0.01M)

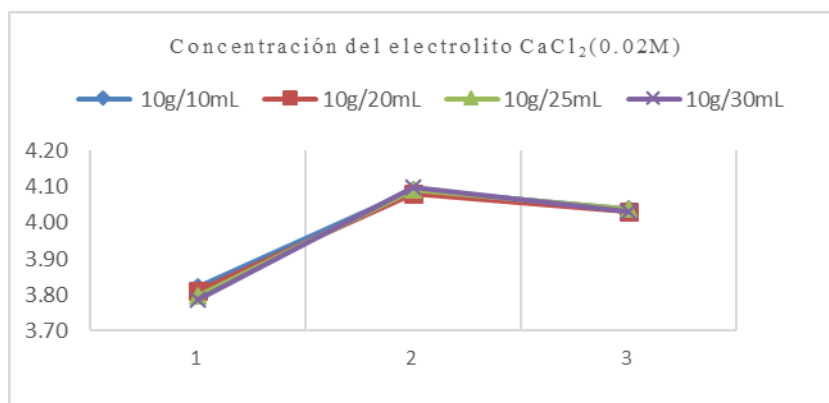


Figura 6. pH vs concentración del electrolito CaCl₂ (0.02M)

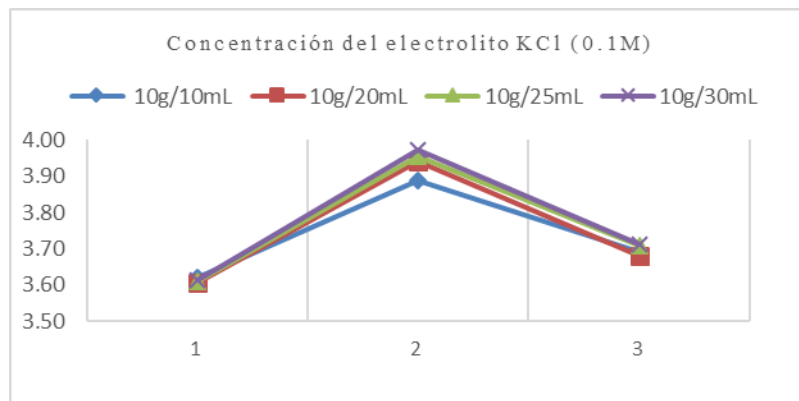


Figura 7. pH vs concentración del electrolito KCl (0.1M)

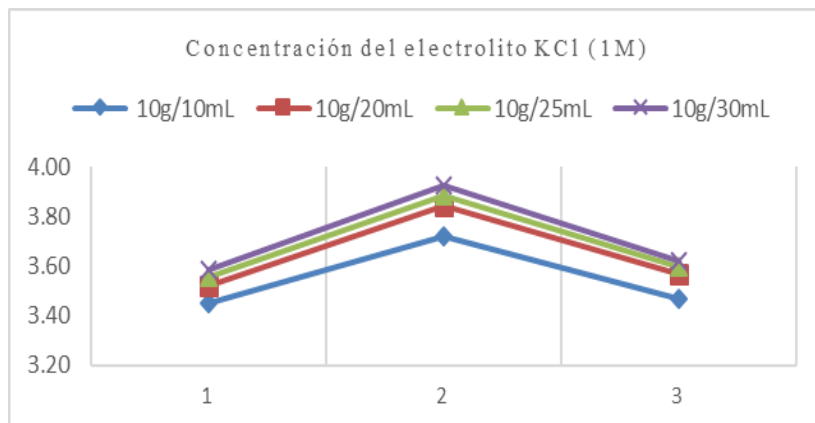


Figura 8. pH vs concentración del electrolito KCl (1M)

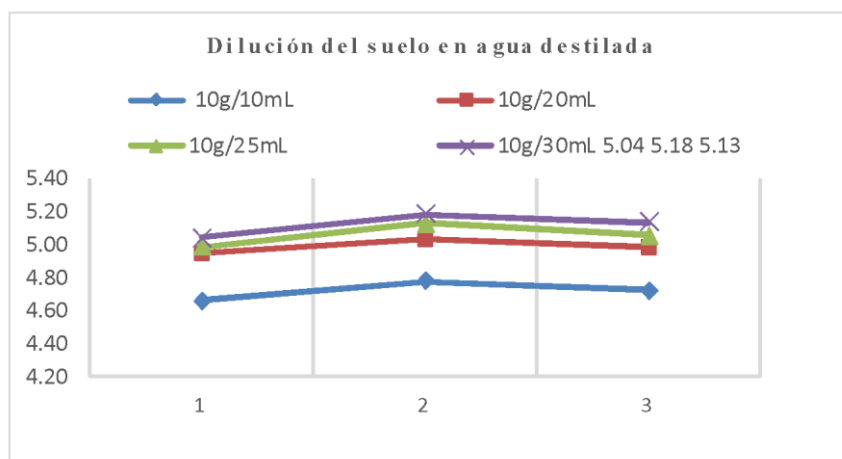


Figura 9. pH vs Dilución del suelo en agua destilada

Correlación de Pearson

Análisis de correlación y regresión

Tabla 2. Correlación múltiple

Estadísticas	Valor
Coefficiente de correlación múltiple	0.8880
Coefficiente de determinación (R ²)	0.7885
R ² ajustado	0.7612
Error	0.0802
Observaciones	36

Tabla 3. Análisis de varianza

Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	F	Valor crítico de F	
Regresión	4	0.7434	0.1859	28.8974	4.60058E-10
Residuos	31	0.1994	0.0064		
Total	35	0.9428			

Tabla 4. Estadístico T de student

	Coefficientes	Error	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	6.0254	0.6100	9.8778	0.0000	4.7813	7.2695
CaCl ₂ 0.01M	0.4788	0.0806	5.9385	0.0000	0.3143	0.6432
CaCl ₂ 0.02M	-0.9215	0.2317	-3.9775	0.0004	-1.3940	-0.4490
KCl 0.1M	-0.9472	0.2413	-3.9250	0.0004	-1.4395	-0.4550
KCl 1M	1.0809	0.1968	5.4912	0.0000	0.6795	1.4824

Tendencias

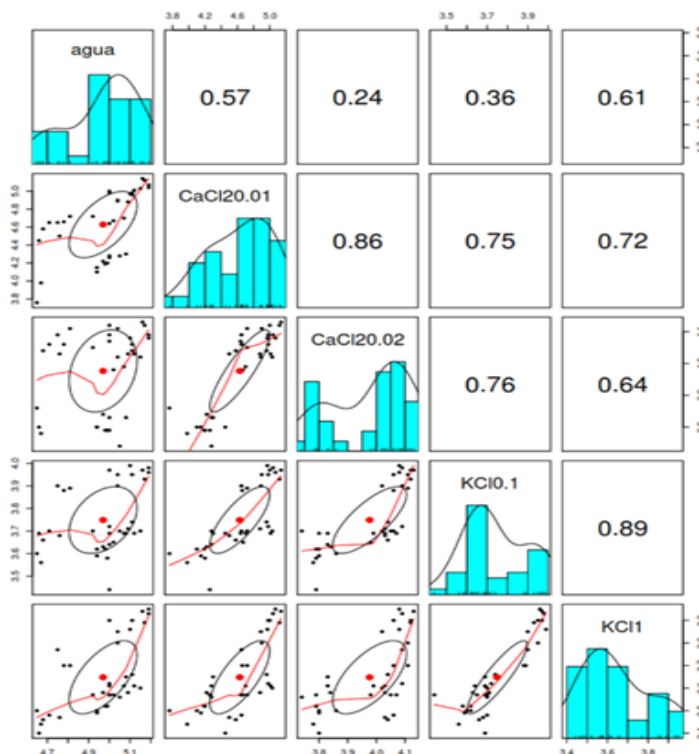


Figura 10. Tendencias de los pH respecto a las concentraciones de las sales

DISCUSIÓN

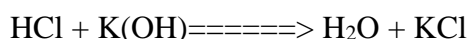
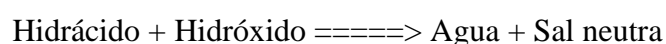
En las Figura 1, 2, 3 y 4 se observa el efecto de la dilución en la medición del pH, a medida que aumenta la dilución, el valor del pH tiende al incremento, esto ocurre en las dos sales experimentadas (KCl y CaCl₂).

La medición del pH en relaciones suelo/electrolito 1:3, resultan ser más elevadas, debido al efecto de la dilución.

Los valores de pH (en la relación suelo/electrolito 1:1), para el caso de CaCl₂ y KCl, comparados con el pH (en la relación suelo / agua 1:1), son 0.5 a una unidad menores. Al respecto, Millán *et al* (2017) manifiesta que emplear electrolitos o sales, tiene la facilidad de desarrollar una fuerza iónica constante en relación al uso de agua, como solvente. Además de que las mediciones son menos dependientes de la relación suelo/solvente (p.2)

En las Figuras 5 y 6 se aprecia el efecto del aumento de la concentración de las sales, CaCl₂ 0.01N y 0.02N sobre la disminución del pH. En el caso de las mediciones de realizadas con KCl (Figuras 7 y 8) se observa tendencia a la estabilidad, ya que al incrementar la concentración de esta sal de 0.1 a 1.0, no manifiesta cambios drásticos en los valores medidos de pH, manteniéndose ligera tendencia a aumento del pH, al aumentar la dilución. La tendencia a la estabilidad se debe a que el cloruro de potasio es una sal neutra, la cuales no tendrán ningún efecto sobre la medición del pH de la solución. Cuando reacciona un ácido con un hidróxido para formar una sal neutra se combinan todos los cationes hidronio (H⁺) con todos los aniones hidroxilo (OH⁻).

Los cationes H⁺ son los que dan la propiedad de ácido a los hidrácidos y oxácidos y los aniones OH⁻ son los que dan propiedad de base a los hidróxidos y cuando estos ácidos y bases reaccionan dan lugar a una neutralización, que es la formación de agua, mientras que los iones restantes de la reacción forman una sal.



El valor de correlación múltiple mostrado en la Tabla 2 (0.8880) indica que, existe fuerte correlación entre las variables pH, dilución (suelo/electrolito) y concentración del electrolito.

El análisis de varianza en la Tabla 3 muestra que el valor de Fisher tabulado (28.8974) es mayor que el calculado (4.6005E-10) por lo tanto se afirma la correlación descrita anteriormente

La Tabla 4 indica la tendencia a la linealidad cuando las mediciones del pH se realizaron en disoluciones de cloruro de potasio.

La Figura 10 muestra que, las mejores tendencias son generadas por el KCl, como lo había sostenido Espinoza y Molina (1999), para mediciones de pH, en suelos fuertemente ácidos, donde existe mucha lixiviación de sales debido a lluvias, como es el caso de los suelos de Iberia.

CONCLUSIONES

La dilución del suelo, tiene efecto directo sobre el pH, a mayor dilución mayor incremento del pH.

La medición de pH de suelos fuertemente ácidos empleando KCl, produce valores más confiables que cuando son medidos en agua.

El incremento de la concentración de las sales no tuvo efecto considerable sobre el pH.

AGRADECIMIENTO

Se agradece a la ayuda del laboratorio particular Oikoslab, para el desarrollo de la investigación

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Espinoza, J. y Molina, E. (1999) Acidez y encalado de los suelos. Primera edición. International Plant Nutrition Institute. Pág. 2. San José-Costa rica.

<http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/libros/Acidez%20y%20encalado%20de%20suelos,%20libro%20por%20J%20Espinoza%20y%20E%20Molina.pdf>.

IICA (2016) Manejo de suelos ácidos de las zonas altas de Honduras conceptos y métodos. Programa regional de investigación e Innovación por cadenas de valor agrícola. ISBN 978-99979-55-01-2. <http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/3108/1/BVE17069071e.pdf>. p.42

Kloster, N. et al (2008) Comparación de Técnicas de medición del pH del suelo: pasta de saturación y en relación suelo: agua 1: 2.5. XXI Congreso argentino de Ciencia del Suelo. Semiárido un desafío para la ciencia del suelo. 13 al 16 de mayo del 2008. Asociación Argentina de Ciencias del Suelo.

Millán et al (2017) Estudio metodológico sobre la medición de pH y la conductividad eléctrica en muestras de compost. Universidad Nacional de Colombia. Revista Colombia Química 2018, 47 (2), 21-27. DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v47n2.67338>

Piedrahita, O. (2009) Acidez de suelos, Magnesio heliconia S.A.

http://www.nuprec.com/Nuprec_Sp_archivos/Literatura/Acidez%20del%20Suelo/Fuentes%20y%20efectos.pdf

Tan, K.(1996) H. Soil Sampling, Preparation and Analysis. Marcel Dekker, Inc., New York, 1996; pp 106 – 107. ISBN: 0-8247-9675-6.

Zapata R. (2004). Química de la acidez de suelo. Medellín, Colombia.