

**IDENTIFICACIÓN DE RELACIONES ENTRE EL NIVEL
FREÁTICO, PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA, ORIENTADO A
SU USO OPORTUNO EN EL CAMPUS DE LA ESPAM “MFL”**

Saskia Guillén Mendoza¹, Jesús Chavarría Parraga², Veris Saldarriaga Lucas³,
Néstor Tarazona Meza⁴.

¹ Carrera de Ingeniería Agrícola, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de
Manabí Manuel Félix López, Calceta, Manabí, Ecuador.

²Carrera de Ingeniería Hidráulica, Universidad Católica Extensión Chone, Manabí,
Ecuador

³Programa a Semillero de investigadores, conv. 2015. Escuela Superior Politécnica
Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta, Manabí, Ecuador

⁴Área Estación Meteorológica INAMHI, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria
de Manabí Manuel Félix López, Calceta, Manabí, Ecuador

Contacto: saskya_vale@hotmail.com

RESUMEN

La presente investigación se realizó, durante los meses de enero a diciembre del 2017, en el campus de la ESPAM MFL, en el sitio Limón, parroquia Calceta, cantón Bolívar, con el propósito de identificar las relaciones entre niveles freáticos, precipitación y temperatura en el campus de la ESPAM MFL, para tomar decisiones oportunas al momento de realizar futuros trabajos de producción agropecuaria, la toma de datos del nivel freático de los pozos de observación se realizó por el método manual mediante el uso de un flexómetro cada dos semanas. La variable dependiente fue el Nivel freático cm (H), las variables independientes Precipitación mm (P) y Temperatura C° (T). Respecto a las variables evaluadas estadísticamente se comprobó que las variaciones de nivel freático corresponden a la relación existente entre las variables independientes y la dependiente, siendo esta relación más evidente en el análisis anual ($p < 0.05$) para la precipitación (P) y ($p < 0.01$) para la temperatura (T) con un valor crítico $r_{0.05} = 0.497$ y $r_{0.01} = 0.658$. Por lo tanto, se concluye que las variables climáticas influyen de manera evidente en el ascenso o descenso del nivel freático.

PALABRAS CLAVE: Nivel freático, variables climáticas, relaciones climáticas.

ABSTRACT

This research was conducted during the months of January to December 2017, on the ESPAM MFL campus, on the campus of the ESPAM MFL, in the site Limón, parish Calceta, Bolívar Canton. The purposes of research were relationships between groundwater levels, precipitation and temperature campus ESPAM MFL, in order to make timely decisions when carrying out future

agricultural production work, the data collection at the groundwater level of the observation wells was carried out by the manual method by using a flexometer every two weeks. The dependent variable was the phreatic level cm (H), the independent variables Precipitation mm (P) and Temperature C ° (T). Respect to the variables evaluated statistically it has been verified that the variations of phreatic level correspond to the existent relation between independent and dependent variables, being this relation more evident in the annual analysis ($p < 0.05$) for the proportion (P) and ($p < 0.01$) for the temperature (T) with a critical value $r_{0.05} = 0.497$ and $r_{0.01} = 0.658$. Therefore, it is concluded that climatic variables clearly influence the rise or fall of the water table.

KEYWORDS: groundwater levels, climatic variables, climatic relationships.

INTRODUCCIÓN

Si bien es cierto a cada segundo surge un nuevo problema en el cual el ser humano se encuentra involucrado de forma directa e indirecta con alguna de sus actividades cotidianas, y no podía pasar desapercibido el caso del recurso hídrico que es uno de los principales componentes para la vida, debido a todos los beneficios que brinda, lo cual motiva a realizar análisis para su óptimo manejo y control. Actualmente la influencia del estudio del nivel freático tiene mayor fuerza en el mundo, debido a su utilidad e importancia, la necesidad de conocer su estado actual es de suma jerarquía y responde a diferentes intereses, desde la explotación agropecuaria hasta su conservación como unidad natural.

En la tierra aproximadamente el 3% del agua es dulce, de ésta un 95% constituye aguas subterráneas; 3,5% corresponde a aguas superficiales y el 1,5% a la humedad acumulada en los suelos, por otra parte de toda el agua dulce existente un 0,36% es disponible para el consumo (Leopold, 1974) citado por (Burbano *et al*, 2015). La capa freática o nivel freático es la primera capa de agua subterránea que se encuentra al realizar una perforación y la más susceptible a la contaminación antrópica, constituye la capa acuífera, está sometida solamente a la presión atmosférica y no tiene estrato confinante superior, la profundidad de este sustrato compacto varía con el medio geológico (Fresina, 2011).

El nivel freático varía con el tiempo y de forma muy diversa, debido a causas naturales y antrópicas, el estudio de las fluctuaciones es fundamental para evaluar la recarga al acuífero y el almacenamiento subterráneo y consecuentemente planificar correctamente la explotación del agua, la medición del nivel freático se realiza mediante pozos de observación en un período de

tiempo, lo que permite identificar períodos de ascensos y descensos de niveles y relacionar con la cantidad de precipitación, volúmenes de extracción de agua, entre otros, (Fornari, 2011).

En este contexto el objetivo de esta investigación fue Identificar las relaciones entre niveles freáticos, precipitación y temperatura en el campus de la ESPAM MFL, para tomar decisiones oportunas al momento de realizar futuros trabajo de producción agropecuaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el campus experimental de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”, situada a 15,5 m. sobre el nivel del mar, en el sitio Limón, parroquia Calceta, cantón Bolívar, provincia de Manabí, a 00°49'27.9” de Latitud Sur y 80°10'47.2” de Longitud Oeste. La investigación fue de tipo no experimental, se utilizó métodos exploratorio y descriptivo. La metodología que se utilizó para la recolección de datos del nivel freático fue mediante el uso de instrumentos manuales, y consistió en extender el flexómetro a través del pozo desde su inicio hasta un punto por debajo del nivel freático, una vez extraída la cinta, se calcula el nivel del agua freática sustrayendo de la longitud total del flexómetro, la longitud del flexómetro que ha quedado sumergido, este procedimiento se lo realizó cada dos semanas en la época de lluvia y época seca, dichos datos se los almacenó en la base de datos y fueron analizados conjuntamente con los datos de la estación meteorológica .

Variables en estudio

Se registró la variable relacionada al nivel freático; esta variable se registró en cada uno de los 16 pozos de observación ubicados en la zona de estudio, este dato se expresó en cm con respecto a la superficie del suelo, la temperatura y precipitación, se registraron a partir de los datos proporcionados por la estación meteorológica ubicada en la ESPAM MFL, se expresó en C° y mm respectivamente.

Para determinar la calidad del agua se realizó un análisis recogiendo las muestras de cada pozo de observación, durante la época seca, las muestras fueron analizadas de acuerdo a los parámetros físicos –químicos establecidos para el efecto.

Elaboración de gráficos freaticométricos

Para la realización de los gráficos freaticométricos se utilizó un formato lineal, expresado en la variación del nivel freático en centímetros de altura por debajo del nivel del suelo con relación a la precipitación y temperatura.

Análisis estadístico

En la investigación se aplicó inicialmente estadística descriptiva, tanto para las variables de estudios como al análisis de agua, luego se realizó un análisis de correlación y regresión lineal simple entre las variables nivel freático, precipitación y temperatura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo al análisis estadístico, para las variables en estudio, profundidad del nivel freático (H), el análisis descriptivo estableció que el valor mínimo anual más cercano a la superficie del suelo fue 108,2 cm, correspondiente al segundo trimestre y el valor máximo anual más lejano a la superficie del suelo fue 277,0 cm, y correspondió al primer trimestre del 2017, la media general del nivel freático del campus de la ESPAM MFL fue de 209,8 cm y un Error típico de 17,5 cm (Cuadro 1). Respecto a la variable climática Temperatura (T), se estableció que el valor mínimo anual fue de 24,21 C° y correspondió al tercer trimestre evaluado y un valor máximo de 27,29 C° que correspondió al segundo trimestre evaluado, con una media general de 25,8 C° y un Error típico de 0,31 C° (Cuadro 1). Para la variable Precipitación (P), se estableció que el valor mínimo anual (0 mm) correspondió al cuarto trimestre evaluado y un valor máximo de 576,5 mm y correspondió al primer trimestre, con una media general de 111,2 mm y un Error típico de 49,9 mm (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis anual de estadística descriptiva de las variables en estudios Nivel freático cm (H), Precipitación mm (P) y Temperatura C° (T).

	(H) cm	(P) mm	(T) C°
Media	209,79	111,24	25,82
Error típico	17,53	49,90	0,31
Mediana	223,47	25,10	25,55
Desviación estándar	60,74	172,86	1,06
Varianza de la muestra	3689,15	29879,85	1,13
Coficiente de asimetría	-0,56	2,12	0,03
Rango	168,80	576,50	3,08
Mínimo	108,17	0,00	24,21
Máximo	276,97	576,50	27,29
Nivel de confianza (95,0%)	38,59	109,83	0,68

En los cuadros 2, 3 y 4 se observan las correlaciones lineales de Person al 0.05 y 0.01 de significancia estadística, respectivamente, para el análisis trimestral, semestral y anual, con un $n=3, 6, 12$ y un valor crítico $r_{0.05}= 0.988, 0.729, 0.497$. El nivel freático (H) mostró una correlación negativa con las variables: precipitación (P) con un $r_{0.05}= -0.55^*$ y temperatura (T) con un $r_{0.05}= -0.76^{**}$. Estos valores nos indican que a mayor precipitación (P) hay un ascenso del nivel freático (H) y viceversa, a menor precipitación (P) hay un descenso, de la misma manera para la Temperatura (T), lo que también se asocia a las épocas climáticas de la zona por la relación entre la Precipitación y Temperatura, estos resultados aportan de manera importante a la posible generación de tecnologías, y establecen un comportamiento de las variables que tienden a estar asociadas a un periodo determinado, resultados exploratorios que coinciden en gran medida con investigaciones realizadas por otros autores como Suarez, (2005) en la cual indica que la precipitación sobre un área en un período de tiempo, tiene una influencia directa en la infiltración y en el régimen del agua subterránea, y que existe una respuesta inmediata a la lluvia por infiltración debido a la relación directa entre estas. Además se establece que las cantidades de precipitación (P) y la variación de temperatura (T) tiene un efecto directo sobre el nivel freático (H) debido a la respuesta de este hacia las variaciones climáticas, estos efectos coinciden con investigaciones similares realizada por Laurencena *et al.* (2002) quienes indican que los niveles varían entre 1,5 m y 3,9 m de profundidad, donde los niveles freáticos se profundizan en coincidencia con los meses de verano (período seco), además el efecto de la evapotranspiración tiene papel específico en la profundización de los niveles freáticos, en los meses en que existen déficit de agua (verano) y que se lo debe considerar.

El comportamiento del nivel freático varía en función del tiempo específico y la

época climática que se encuentre “seca o lluviosa” lo que se manifiesta que en estas épocas hay un mayor o menor aporte de precipitación lo que determina la profundización del nivel freático lo cual concuerda con la investigación realizada por Deluchi et al. (2004) relacionan que las altas precipitaciones manifiestan un importante ascenso de los niveles, mientras que las menores precipitaciones producen una profundización de la capa freática, además el menor registro de lluvias se pone en evidencia en la variación de los niveles freáticos con la continuidad en el descenso de los mismos. En el análisis semestral de las variables los valores tuvieron una correlación débil con respecto al valor crítico para r (Cuadro 4). En las correlaciones trimestral se observa que el nivel freático (H) se asocia negativamente con la Temperatura (T) con un $r_{0.05} = -0,9999^{**}$ en el primer trimestre y una correlación débil entre el nivel freático (H) y la precipitación (P) (Cuadro 3) con lo que respecta para los demás trimestres su correlación para con un r crítico estadísticamente no tuvieron diferencias significativas, debido a que el comportamiento del nivel freático es pausado. El cual es evidente que en las condiciones que se realizó la investigación la temperatura es una variable que está asociada con la época de lluvia es decir las mayores temperaturas hay un incremento de precipitaciones. Al respecto Campbell et al. (2001) citado por INECOL (2010) indica que cuando la temperatura cambia, el vapor de agua en el aire se condensa y precipita sobre los océanos o sobre la superficie continental, formando sistemas de agua superficial y mantos acuíferos. Es por ello que el efecto de la temperatura no es tan notorio de manera directa sobre el nivel freático, debido a que las mayores temperaturas se efectúan cuando hay mayores aportes de precipitación, por lo cual el comportamiento de la temperatura hacia el nivel freático es distinto, a diferencia del efecto de la temperatura sobre las precipitaciones es evidente, además investigación reciente de Llera (2009) indica que el aumento de la temperatura tiene importantes consecuencias en las aguas subterráneas próximas a la superficie del terreno y Espinoza (2006) “La temperatura puede hacer sentir el efecto sobre napas libre a través de variación en el contenido de agua”.

Cuadro 2. Análisis de correlación trimestral entre las variables Nivel freático cm (H), Precipitación mm (P), Temperatura C° (T).

Trimestre	1 ^{ero}			2 ^{do}			3 ^{ero}			4 ^{to}		
	(H) cm	(P) m	(T) C°	(H) cm	(P) m	(T) C°	(H) cm	(P) m	(T) C°	(H) cm	(P) m	(T) C°
(H) cm	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-
(P) mm	-0,26 NS	1,00	-	-0,97	1,00	-	0,86 NS	1,00	-	0,17 NS	1,00	-
(T) C°	-0,9999**	0,25 NS	1,00	-0,93 NS	0,81 NS	1,00	-0,10 NS	0,42 NS	1,00	-0,19 NS	0,94 NS	1,00

Nota: Valor crítico de la correlación 0.988 95% y 0,9995 99% de probabilidad, NS= No hay diferencia significativa, *= Diferencia significativa, **= Diferencias altamente significativa.

Cuadro 3. Análisis de correlación semestral entre las variables Nivel freático cm (H), Precipitación mm (P), Temperatura C° (T).

Semestres	1 ^{ero}			2 ^{do}		
	(H) cm	(P) mm	(T) C°	(H) cm	(P) mm	(T) C°
(H) cm	1	-	-	1	-	-
(P) mm	-0,22 NS	1	-	0,61 NS	1	-
(T) C°	-0,63 NS	0,42 NS	1	0,04 NS	0,52 NS	1

Nota: Valor crítico de la correlación 0.729 95% de probabilidad, NS= No hay diferencia significativa, *= Diferencia significativa, **= Diferencias altamente significativa.

Cuadro 4. Análisis de correlación anual entre las variables Niveles freático cm (H), Precipitación mm (P), Temperatura C° (T).

Variables	(H) cm	(P) mm	(T) C°
Nivel freático (cm)	1,00	-	-
Precipitación (mm)	-0,55*	1,00	-
Temperatura C°	-0,76**	0,68 **	1,00

Nota: Valor crítico de la correlación 0.497 95% y 0,658 99% de probabilidad, NS= No hay diferencia significativa, *= Diferencia significativa, **= Diferencias altamente significativa.

En el grafico 1 se aprecia el comportamiento dependiente del nivel freático (H) con respecto a la precipitación (P) lo que permite explicar la asociación que ocurre en dichas variable mediante un modelo matemático $y = -0,1916x + 231,11$ y un $R^2 = 0,2975$ lo que indica que por cada unidad de precipitación (P) el nivel freático (H) tiene un descenso en -0,1916 cm, además cabe mencionar que el comportamiento del nivel freático corresponde en un 30% en relación a la precipitación. De la misma manera en el grafico 2 se aprecia el comportamiento del nivel freático (H) con respecto a la temperatura (T) lo que determina su asociación mediante el siguiente modelo matemático $y = -43,37x + 1329,6$ y un $R^2 = 0,5772$ lo que indica que por cada unidad de temperatura (T) el nivel freático

(H) tiene un descenso en -43,37 cm y una relación del comportamiento del nivel freático (H) que corresponde a 58% con respecto a la temperatura (T).

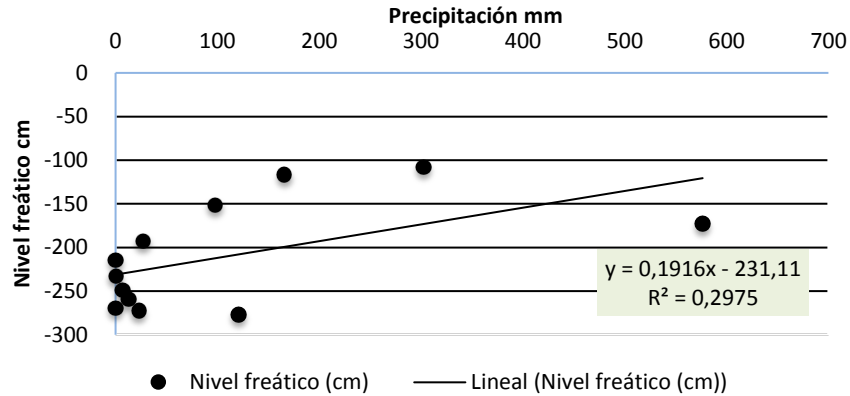


Gráfico 1. Modelo matemático de regresión lineal simple general entre las variables "Precipitación; Nivel freático".

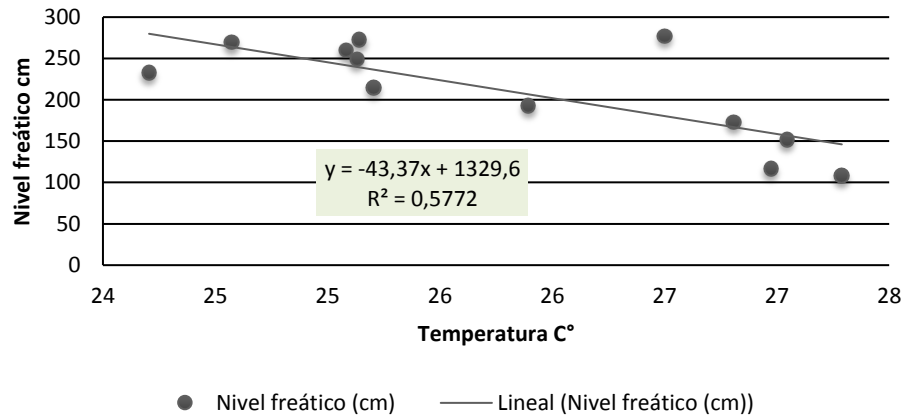


Grafico 2. Modelo matemático de regresión lineal simple general entre las variables "Temperatura; Nivel freático".

3. Análisis de agua

Cuadro 5. Contraste entre valores máximos, medios y mínimos de la calidad de agua con los límites establecidos de los parámetros físicos químicos de calidad del agua para uso agrícola.

	Campus de la Espam MFL			Directrices establecidas por la FAO se establecen 1987		
	Concentraciones en la investigación			Grado de restricción de uso		
	Mínimo	Media	Máximo	Ninguno	Ligero - moderado	Severo
CE (dS/m)	0,34	0,7	1,17	<0,7	0,7 – 3,0	>3,0
TSD (mg/L)	158	325,25	536	<450	450 -2000	>2000
Ca (mg/L)	40,1	93,38	186,9	<96	96 -288	>288
Mg (mg/L)	5,9	12,37	17,5			
Na (mg/L)	10,68	27,32	42,62			
K (mg/L)	2,32	6,39	10,7			
HCO3 (mg/L)	122	272,81	439,2	<320	320 -1920	>1920
Cl (mg/L)	49	86,41	150,5	<256	256 -640	>640
SO4 (mg/L)	1,6	4,28	7,7			
Fe (mg/L)	0,05	0,15	0,34ds			

B (mg/L)	0,02	0,03	0,04	<0,7	0,7 -3,0	>3,0
pH	6,6	6,77	6,9	Amplitud normal= 6,5 -8,4		
RAS (meq/L)1/2	0,3	0,72	1,08			
Dureza (mg/L)	124	284,56	521			

En el contraste de los resultados del análisis de agua, se aprecia los parámetros físicos químicos en relación con el grado de restricción de su uso, lo cual determinó que los valores se encuentra entre (ninguno a ligero moderado), según las directrices de (FAO, 1987) citado por Sarabia *et al.* (2011), con respecto al parámetro de CE, está contenido en el rango de ninguna restricción y ligera restricción, esto indica determinadas áreas contienen aguas de calidad aptas para su explotación y otras tienden a presentar una ligera restricción. Además, se establece que puede hacer uso, pero bajo recomendaciones técnicas para evitar deterioro en la calidad de los suelos, lo que concuerda con la investigación de (Prieto y Angueira, 1996) citado por Saenz *et al.* (2014) que establece que puede ocurrir un deterioro de la calidad de los suelos con el uso continuo de agua de baja calidad acompañado del manejo inadecuado.

4. Gráficos Freatimétricos.

En los gráficos 3 y 4 se representaron los datos mensuales de precipitación, temperatura y nivel freático, estos gráficos permiten visualizar la relación que existe entre Nivel freático (H) y Precipitación (P) o entre Nivel freático (H) y Temperatura (T) durante el periodo evaluado, lo que se indica que estos tienden a tener igual comportamiento con un ascenso del nivel en los meses de Enero – Abril hasta encontrar el punto crítico del nivel freático y luego un descenso de Mayo–Diciembre, este evento se lo asocia de manera directa a las épocas climáticas (lluviosa o seca).

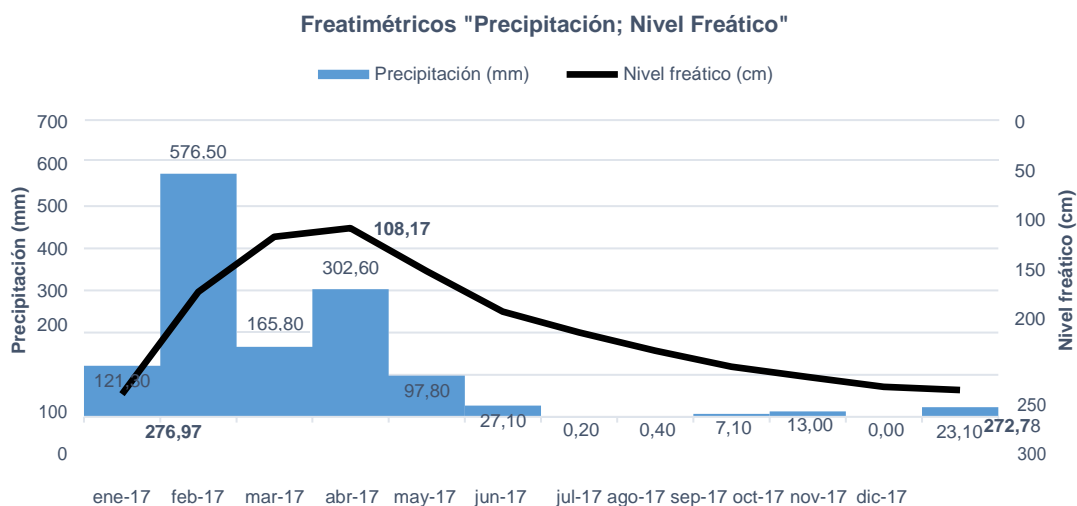


Gráfico 3. Freatimétricos anual de las variables "Precipitación; Nivel freático".

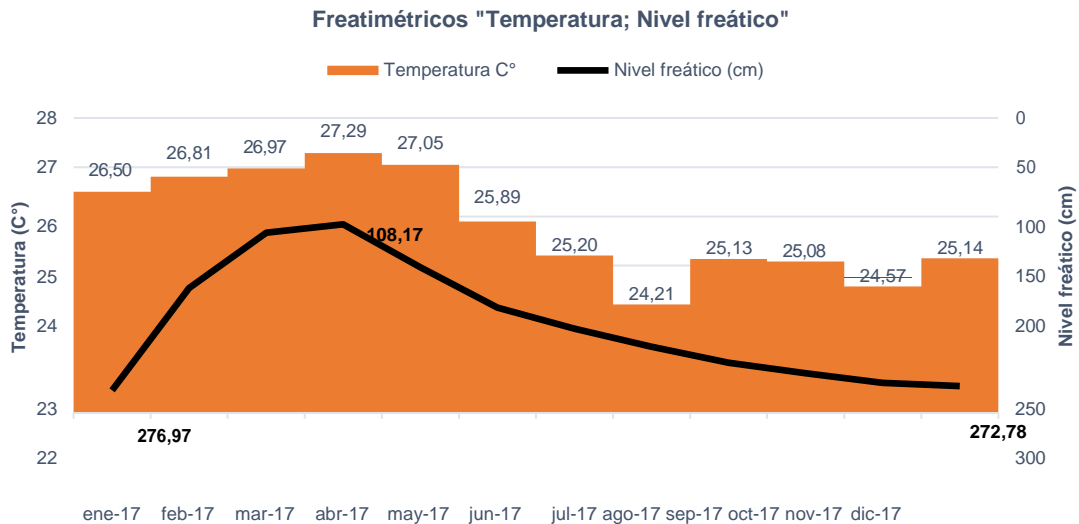


Grafico 4. Freatimétricos anual de las variables "Temperatura; Nivel freático"

CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos en esta investigación se llega a las siguientes conclusiones:

- El estudio realizado entre el nivel freático, la precipitación y la temperatura en el campus de la "ESPAM MFL" permitió establecer su interacción.
- La relación entre el nivel freático (H) y las variables climáticas, precipitación (P) y temperatura (T), tienden a demostrar un efecto de ascenso o descenso del nivel freático (H), en correspondencia a su influencia.
- En los periodos críticos de ascenso y descenso del nivel freático es evidente en dos épocas específicas, la lluviosa asociada con el ascenso en los meses de enero a abril y la seca asociada al descenso de mayo a diciembre.
- Se recomienda realizar investigaciones relacionadas a evaluar el comportamiento espacial del nivel freático.

BIBLIOGRAFÍAS

Burbano, N; Becerra, S; Pasquel, E. 2015. Introducción a la hidrogeología del Ecuador. INAMHI Quito, Ecuador. 2 ed.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe).2012. Diagnóstico de las estadísticas del agua en Ecuador. (En línea), EC. Consultado 18 Ago. 2016. Formato PDF. Disponible en <http://aplicaciones.senagua.gob.ec>

Deluchi, M; Kruse, E; Laurencena, P; Eleonora, C y Rojo, A. (2004). Variaciones de los niveles freáticos y su relación con el agua superficial en la plata (provincia de Buenos Aires). (En línea), AR. Consultado el 4 Jun de 2018. Formato PDF. Disponible en <http://sedici.unlp.edu.ar/>

Edmunds. W. 2005. Nivel de agua subterránea. (En línea), USA. Consultado 08 Jul. 2016. Formato DOCX. Disponible en https://www.google.com.ec/_Nivel_del_agua_subterranea.doc

Espinoza, C. 2006. Introducción existencia y origen de las aguas subterráneas. (En línea), CL. Consultado 4 Jun. 2018. Formato PDF. Disponible en <https://www.u-cursos.cl/ingenieria/>

Fornari. E. 2011. Relaciones entre los niveles freáticos y variables hidro - meteorológicas en un área de llanura. (En línea), AR. Consultado 08 Jul. 2016. Formato DOCX. Disponible en <http://www.ina.gob.ar/>

Fresina, M. 2011 Capa Freática. (En línea), AR. Consultado 13 Jul. 2016. Formato HTML. Disponible en <http://www.cricyt.edu.ar/>

INECOL (Instituto de ecología). 2010. Factores que afectan el cambio climático. (En línea), MX. Consultado 4 Jun 2018. Formato PDF. Disponible en <http://www3.inecol.edu.mx/>

Laurencena, P; Varela, L; Kruse, E; Rojo, A y Deluchi, M. (2002). Características de las variaciones freáticas en un área del noreste de la provincia de Buenos Aires. (En línea), AR. Consultado 4 Jun 2018. Formato PDF. Disponible en <http://sedici.unlp.edu.ar/>

Llera, J. 2009. Cambio climático y agua subterránea (En línea), MX. Consultado 4 Jun 2018. Formato PDF. Disponible en <https://www.raco.cat/index.php/>

Peinado, H; Green, C; Herrera, J; Escolero, O; Delgado, O; Belmonte, S; Ladrón de Guevara, M. 2011. Calidad y aptitud de uso agrícola y doméstico del agua del acuífero del río Sinaloa, porción costera. Sinaloa, MX. Revista Hidrobiológica 21(1): 63-76.

Peinado, H; Green, C; Herrera, J; Escolero, O; Delgado, O; Belmonte, S; Ladrón de Guevara, M. 2011. Calidad y aptitud de uso agrícola y doméstico del agua del acuífero del río Sinaloa, porción costera. Sinaloa, MX. Revista Hidrobiológica 21(1): 63-76.

Saenz, C; Gómez, H; Frigerio, K; Morábito, J; Terenti, O; Cortés, M. 2014. Rendimiento de grano y eficiencia en el uso del agua en maíz bajo riego complementario con agua salina. San Luis, AR. RIA. Vol.40 N° 3

Sarabia, I; Cisneros, R; Aceves del alba, J; Durán, H; Castro, J. 2011. Calidad de agua de riego en suelos agrícolas y cultivos del Valle de San Luis Potosí, MX. Int. Contam. Ambien 27(2) 102 -113

Suarez, J. 2005. Deslizamientos: Análisis Geotécnico. (En línea), CO. Consultado 31 Abr 2018. Formato PDF. Disponible en <http://www.erosion.com.co/>