

PUNTOS DE VISTA

Variación del nivel freático e influencia de las mareas en el Rancho Polvoxal, Campeche, México

Variation of the water table and the influence of the tides in the Polvoxal Ranch, Campeche, Mexico

Ing. José Rodolfo Namuche-Vargas^I, Ing. Erickdel Castillo-Solis^I, Ing. Marcos Zacarías-Flores^{II}

^I Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), México.

^{II} AGROFORESTAL UUMBAL CHIAPAS, S. A. P. I. DE C. V. (UUMBAL), Estado de Campeche, México.

RESUMEN. La empresa AGROFORESTAL UUMBAL CHIAPAS, S. A. P. I. DE C. V. (UUMBAL) solicitó al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) realizar una investigación sobre la variación del nivel freático y la influencia de las mareas en el Rancho Polvoxal, localizado en el Estado de Campeche, México. Para este estudio de investigación se llevaron a cabo las siguientes acciones: i) se instalaron y georeferenciaron 11 pozos de observación y tres norias (X,Y,Z), se midió la profundidad del nivel freático diariamente, se elaboraron planos de isobatas, los cuales muestran que el nivel freático llega a la superficie del suelo en las épocas críticas (Huracán Boris, 7 de junio 2014), pero desciende rápidamente al dejar de llover; los planos de isohypsas indican que la dirección del flujo es hacia el río Candelaria. La parte más crítica está cerca de los manglares o sea del Área Natural Protegida y no en la zona donde se implantará, que con un buen drenaje no se tendría ningún problema, ii) respecto a las mareas, estas se midieron diariamente a las 06:00 y 18:00 horas, y al relacionarlas con el nivel freático, muestran que no hay intrusión marina, iii) la palma de aceite puede aceptar un máximo de 72 horas con mucha humedad, si esta persiste es necesario construir drenaje superficial tanto principal como parcelario. En cuanto al drenaje superficial principal consistirá en parte darle mantenimiento de los arroyos que se encuentran en la zona de proyecto y construir drenes interceptores.

Palabras clave: pozo de observación, noria, plano de isobato, plano de isohypsa, drenaje superficial.

ABSTRACT. The company AGROFORESTAL UUMBAL CHIAPAS, SAPI DE CV (UUMBAL) asked the Mexican Institute of Water Technology (IMTA) to carry out an investigation on the variation of the water table and the influence of the tides in the Polvoxal Ranch, located in the State of Campeche, Mexico. For this research study, the following actions were carried out: i) eleven observation wells and three wells (X, Y, Z) were installed and georeferenced, the depth of the water table was measured daily, Which show that the water table reaches the soil surface at critical times (Hurricane Boris, June 7, 2014), but descends rapidly when it stops raining; The isohypsas planes indicate that the direction of the flow is towards the Candelaria river. The most critical part is close to the mangroves of the Natural Protected Area and not in the area where it will be implanted, that with a good drainage would not have any problem, ii) with respect to the tides, these were measured daily at 06: 00 and 18:00 hours, and when related to the water table, show that there is no marine intrusion, iii) the oil palm can accept a maximum of 72 hours with high humidity, if it persists it is necessary to build both main and Parcel. As for the main surface drainage will consist in part give him maintenance of the streams that are in the project area and construct interceptor drains.

Keywords: Observation well, Chain pump, Isobath plane, Isohypsa plane, Surface drainage.

INTRODUCCIÓN

En zonas tropicales o húmedas como el sureste de México, debido a la intensidad de las lluvias que se presentan en determinadas épocas del año, en algunos casos es necesario drenar y en otra época aplicar riego complementario. Además, se encuentran en las llanuras costeras del pacífico o atlántico, son

prácticamente áreas planas, con manto freático elevado durante la temporada de riego o lluvias, lo que trae como consecuencia un inadecuado manejo de los suelos y de la explotación agrícola.

Debido a la necesidad de contar con una agricultura competitiva es necesaria la implementación de acciones que

vayan enfocadas a realizar un mejor uso y manejo del agua y el suelo, tanto en la red de distribución como a nivel parcelario. Parte de la solución lo representa la detección y atención de las áreas con problemas de drenaje, funcionamiento de los drenes y determinación de presencia de sales tanto en el suelo como en los mantos freáticos y en algunos casos intrusión marina.

El nivel freático (NF) lo constituye el nivel superior de las aguas subterráneas libres que tiene una presión igual a la presión atmosférica. Para un tratamiento adecuado de problemas de drenaje y salinidad del suelo es necesario conocer la profundidad del nivel freático en el espacio y en el tiempo.

El diagnóstico del problema de exceso de agua basado en lecturas tomadas en una red de pozos de observación freaticométrica, permite conocer con cierto grado de precisión el comportamiento del manto freático somero, con el fin de orientar acciones que permitan solucionar este problema. El objetivo de este trabajo de investigación es determinar la variación de la profundidad del nivel freático, considerando la influencia de las mareas.

DESARROLLO DEL TEMA

Este proyecto se realizó para la empresa UUMBAL de México, por lo tanto, se coordinó con técnicos de la empresa

para llevar a cabo el desarrollo del proyecto.

El rancho Polvoxal se encuentra localizado a 68,5 km de la localidad de Escárcega, Campeche (Figura 1). En la Figura 2 se muestra el rancho Polvoxal, el Área Nacional Protegida y área inundable.

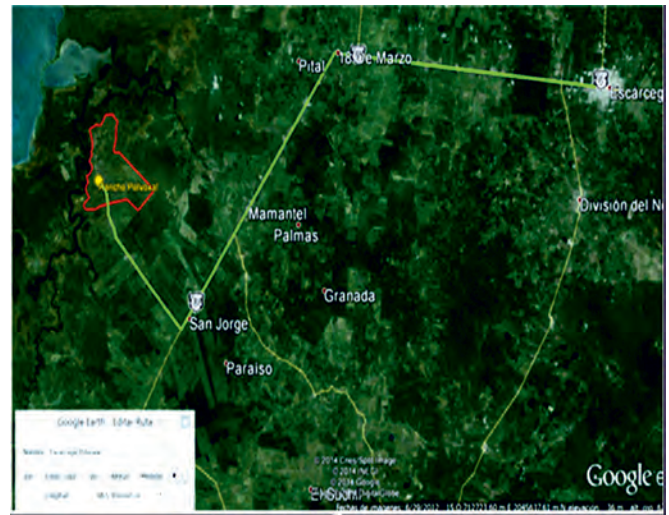


FIGURA 1. Localización del Rancho Polvoxal, Campeche.

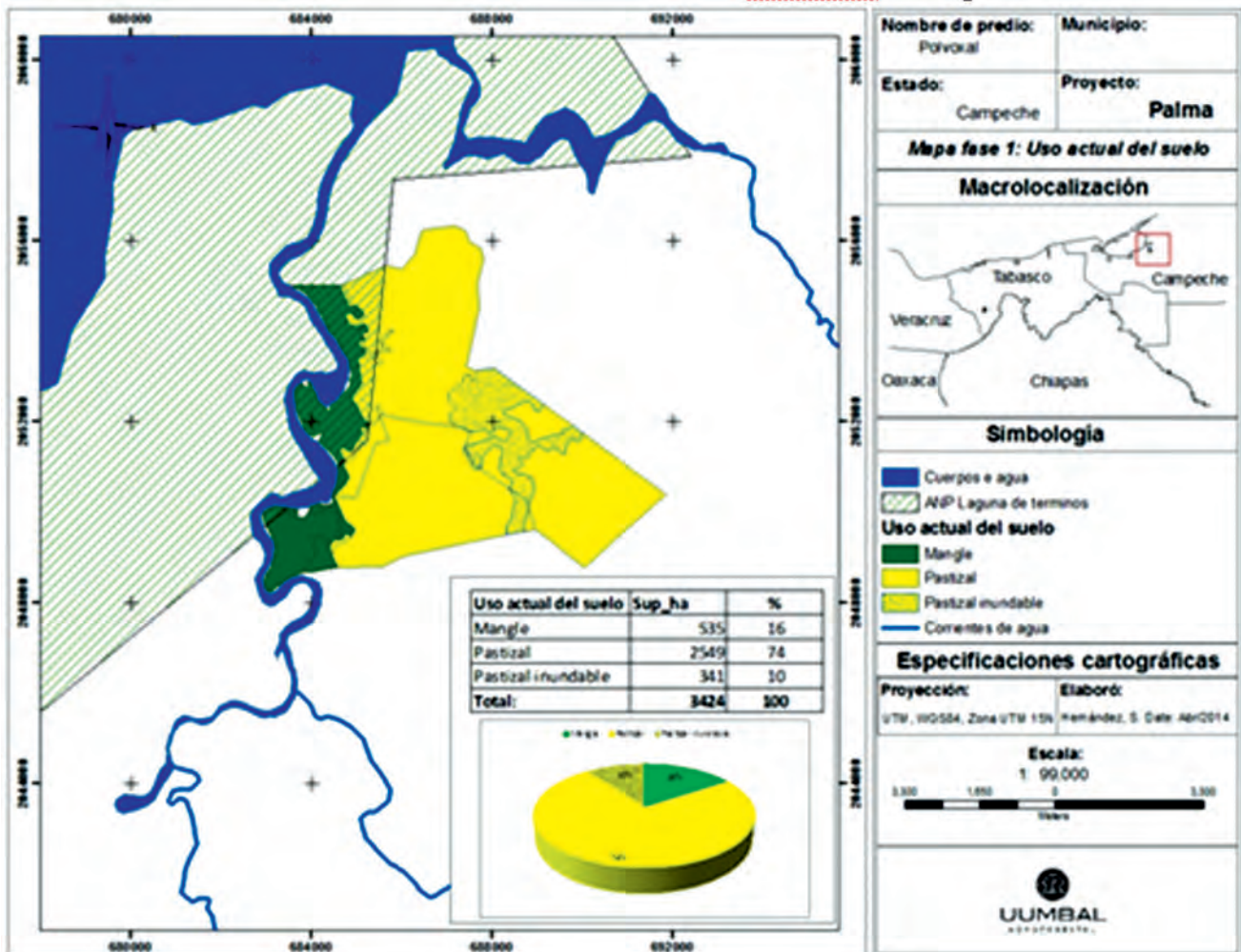


FIGURA 2. Rancho Polvoxal, zona de manglares y el Área Nacional Protegida de La Laguna Términos.

Pozos de observación

El proceso de la instalación de los pozos de observación estuvo a cargo de la empresa UUMBAL bajo la asesoría y supervisión de los técnicos del IMTA. Se localizaron y georeferenciados (X,Y,Z), 11 pozos de observación y tres norias (Figura 3).

Los pozos de observación se contruyen con tubos de plástico de 250 cm de longitud, enterrados hasta 200 cm, ranurados y ademados; el proceso de la instalación se muestra en las Figuras 4, 5 y 6.

Monitoreo de la profundidad del nivel Freático

La profundidad del nivel freático se midió diariamente (Figuras 7 y 8). Con la información recabada (Cuadro 1) se construyeron los planos de Isobatas y planos de Isohypsas.

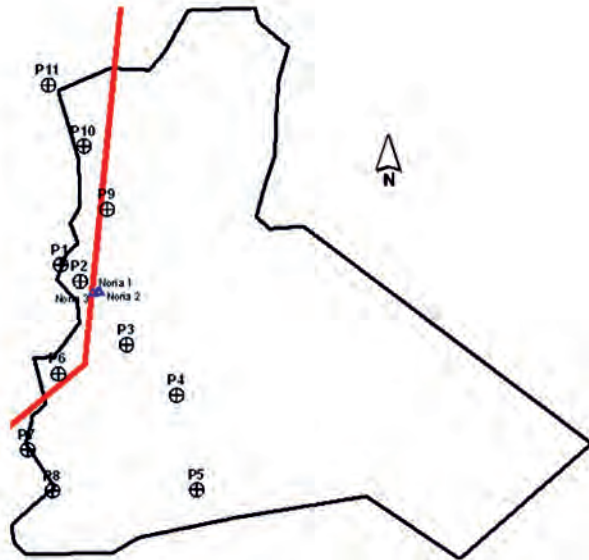


FIGURA 3. Localización de los pozos de observación.

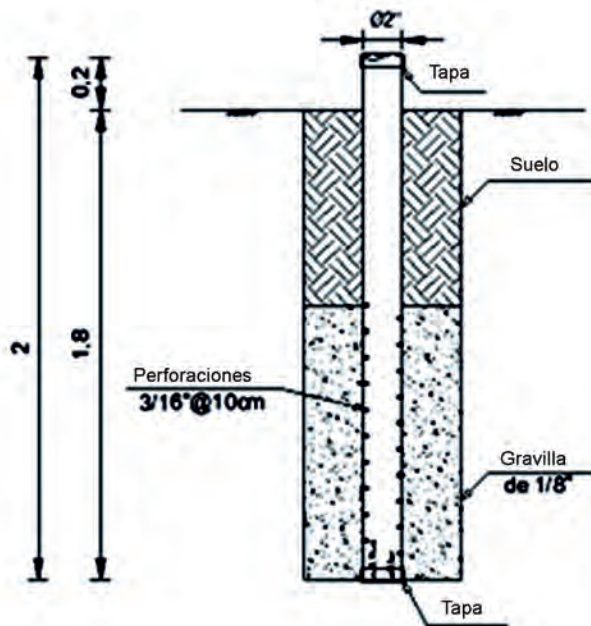


FIGURA 4. Esquema para la construcción de un pozo de observación.



FIGURA 5. Perforación del pozo.



FIGURA 6. Georeferenciación del pozo de observación.



FIGURA 7. Medición de la profundidad del nivel freático en el estero (pozo 1).

Plano de Isóbatas. Representan curvas que unen puntos con igual valor de la profundidad del nivel freático (plano de isoprofundidad) y muestran la variación en el tiempo y en el espacio. Estos planos se elaboran para fechas de alta precipitación, con el objeto de delimitar las áreas críticas donde el nivel freático puede afectar el cultivo (Figuras 9, 10, 11 y 12).



FIGURA 8. Medición de la profundidad del nivel freático en el terreno de cultivo (pozo 2).

CUADRO 1. Profundidad del nivel freático en el tiempo

POZO	X	Y	Z	Prof. crl	05-jun	06-jun	07-jun	08-jun	09-jun	10-jun	11-jun	12-jun	13-jun	14-jun	15-jun	16-jun	17-jun	18-jun	19-jun	20-jun	21-jun	22-jun	24-jun	25-jun	26-jun	27-jun	28-jun	29-jun	30-jun	01-jul	02-jul	03-jul	04-jul	
Nota 1	886.406.49	2.052.416.34	9.89		2	38	91	93	94	102	104	89	85	49	57	72	77	66	76	83	88	90	95	96	101	104	105	108	112	115	116	116	120	122
Nota 2	886.425.66	2.052.414.56	10.10		23	50	96	100	103	109	112	94	49	53	67	76	87	89	81	94	97	101	104	111	114	115	117	120	127	131	128	129	132	135
Nota 3	886.343.66	2.052.401.31	8.68			43	33	47	58	69	76	27	21	18	27	43	47	21	41	58	69	76	79	83	88	88	90	91	96	100	98	100	101	102
P1	884.929.93	2.052.748.59	1.02	180	171	50	7	2	7	14	18	7	5	5	19	15	17	9	14	19	23	23	26	26	32	37	44	50	61	70	71	75	78	79
P2	886.173.26	2.052.534.75	4.97	165	33	7	7	7	9	22	39	8	5	7	10	11	15	7	12	29	40	50	55	59	63	66	69	72	75	79	78	80	82	83
P3	886.771.09	2.051.724.96	9.83	125	31	4	9	16	33	45	1	0	1	9	30	29	6	16	36	52	61	66	71	74	77	80	83	85	88	86	90	92	90	
P4	886.411.41	2.051.078.05	7.51	150	30	7	13	8	30	42	4	2	1	12	29	34	10	20	39	55	63	63	66	73	75	79	82	85	86	91	85	90	94	92
P5	886.689.01	2.049.806.00	4.82	120	18	4	4	6	13	31	3	3	2	16	11	20	10	20	52	70	77	82	84	85	86	88	92	95	98	91	96	101	99	
P6	884.900.87	2.051.350.13	1.49	130	83	1	2	2	4	2	2	0	2	1	1	3	1	4	3	5	9	11	14	17	20	22	26	30	39	44	46	51	49	
P7	884.504.67	2.050.381.18	1.18	187	127	20	26	32	41	50	32	25	10	35	40	42	32	41	50	55	57	60	64	67	70	74	77	80	83	81	85	89	87	
P8	884.825.84	2.049.857.48	3.05	180	25	16	26	30	40	42	9	4	3	25	20	26	7	24	31	40	44	47	50	53	56	60	64	67	70	69	75	79	76	
P9	886.521.17	2.053.456.27	4.26	191	57	3	5	4	10	20	4	2	2	3	4	3	1	6	5	15	27	38	46	50	53	57	60	64	67	63	69	71	70	
P10	886.225.80	2.054.267.25	5.84	100	3	1	5	15	30	46	2	2	1	0	14	23	0	13	31	39	46	63	68	71	74	77	80	83	86	82	86	88	86	
P11	884.773.88	2.055.046.05	1.29	150	99	4	5	8	18	34	3	4	4	6	7	20	8	12	35	40	50	60	66	69	72	75	79	82	85	81	86	88	87	

Nota: Esta información no se tomó en cuenta porque la profundidad del nivel freático no estaba estabilizada.

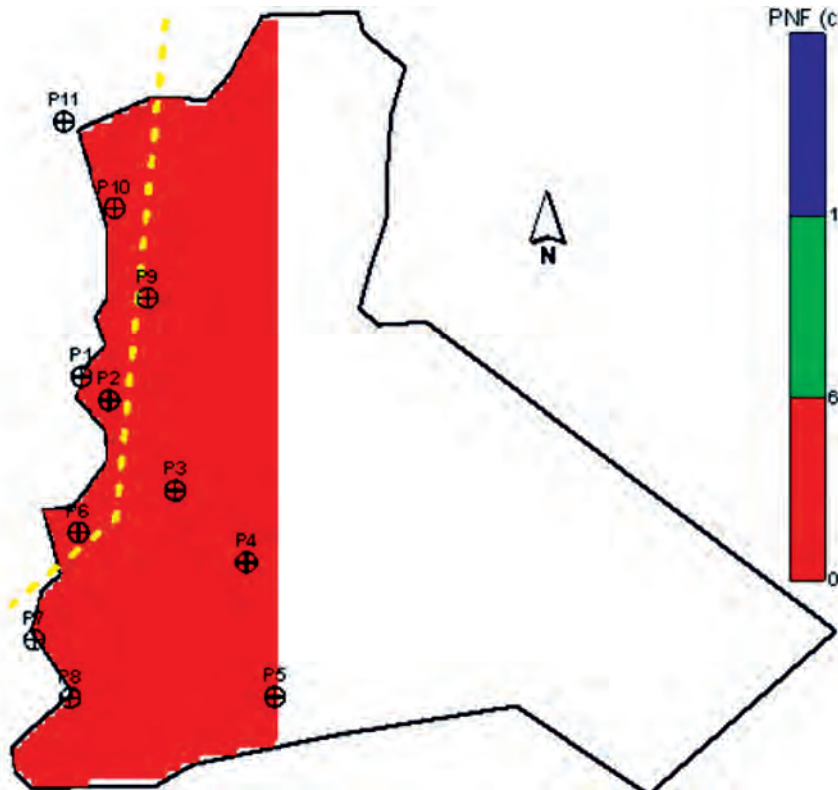


FIGURA 9. Plano de Isobatas para el día 7 junio (Huracan Boris), el nivel freático se encuentra cerca de la superficie del suelo.

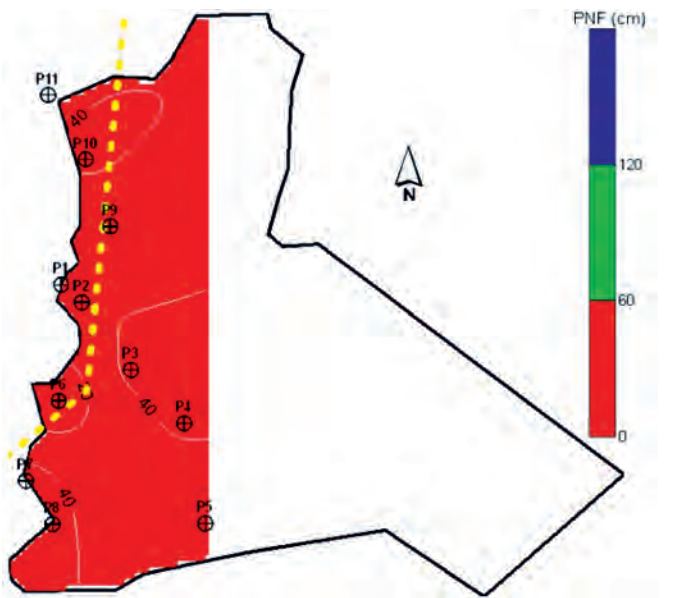


FIGURA 10. Plano de Isobatas para el día 11 junio, al cuarto día el nivel freático estaba a 50 cm abajo de la superficie del suelo.

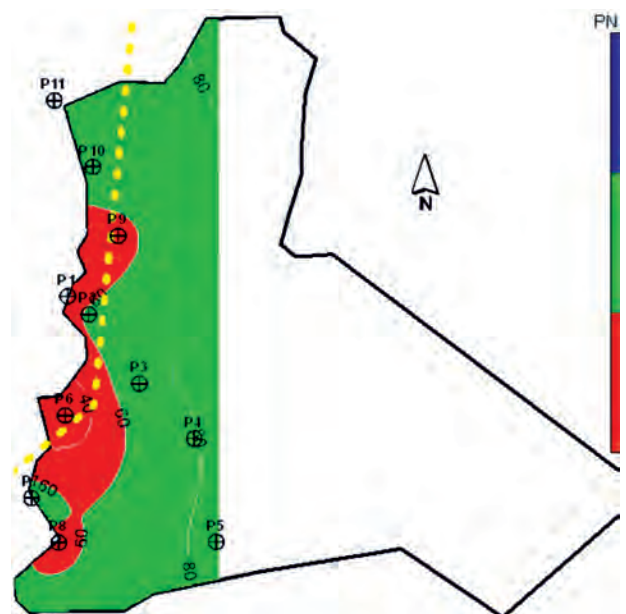


FIGURA 11. Plano de Isobatas para el día 26 junio, descenso de la profundidad del nivel freático debido a que la lluvia es mínima.

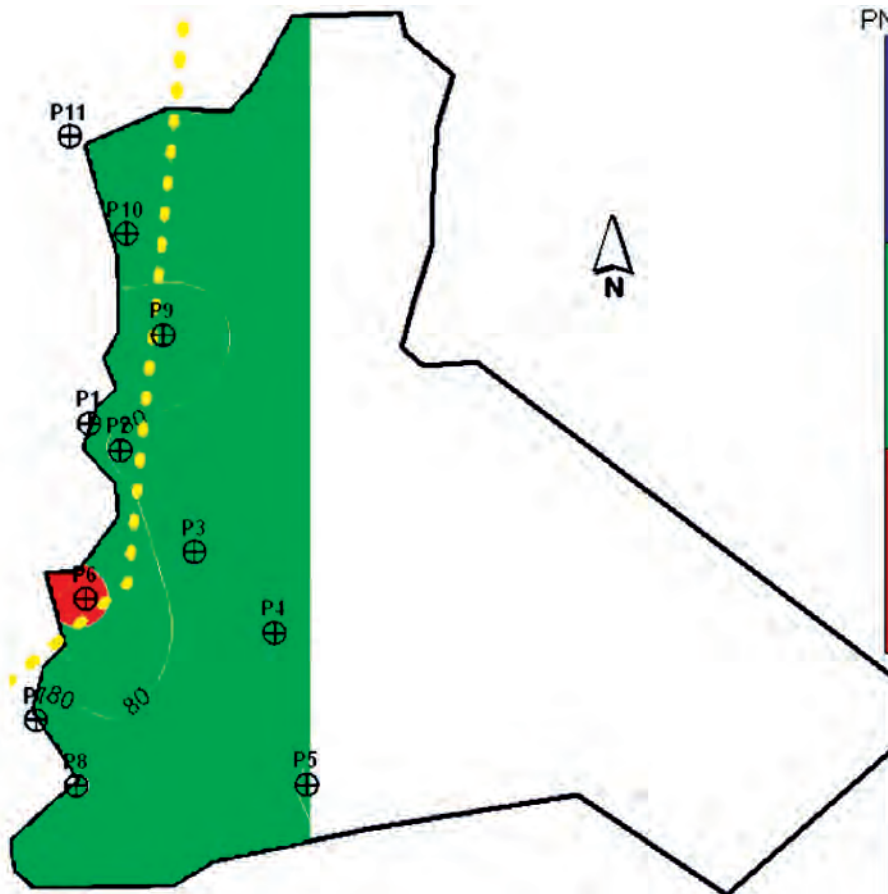


FIGURA 12. Plano de Isobatas para el día 3 julio, descenso de la profundidad del nivel freático debido a que dejó de llover.

Plano de Isohypsas. Son líneas que unen puntos de igual cota de nivel freático, es decir, a la cota del terreno del pozo de observación se le resta la diferencia de la profundidad del nivel freático. De la línea roja hacia el oeste comprende la zona de reserva. Se puede trabajar con el promedio de isohypsas para un período largo, siendo suficientes dos planos en el período lluvioso y uno en el período seco. A partir de estas líneas se puede determinar la dirección del flujo de agua subterránea, ya que éste es perpendicular a las isohypsas (Figuras 17, 18).

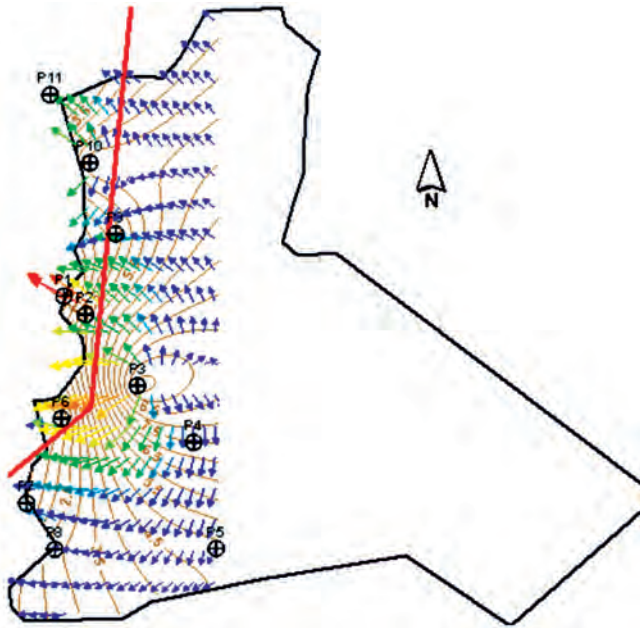


FIGURA 13. Plano de Isohypsas y dirección del flujo subterráneo, 7 junio (Huracan Boris).

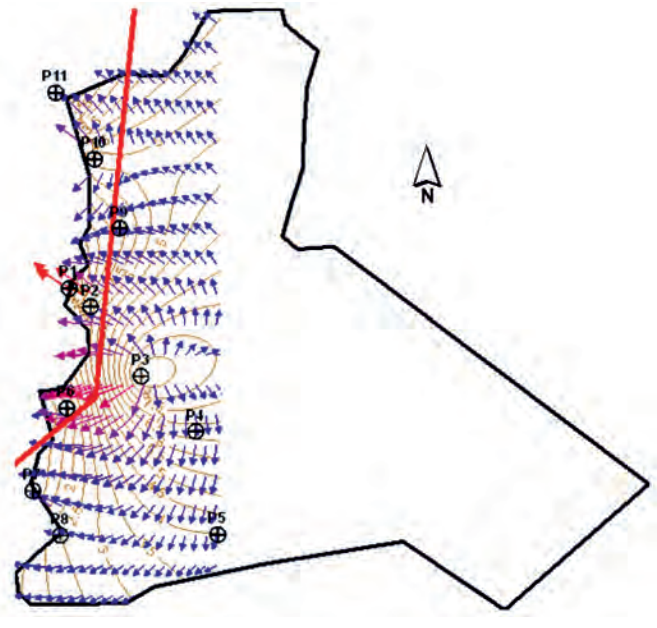


FIGURA 15. Plano de Isohypsas y dirección del flujo subterráneo, 26 junio.

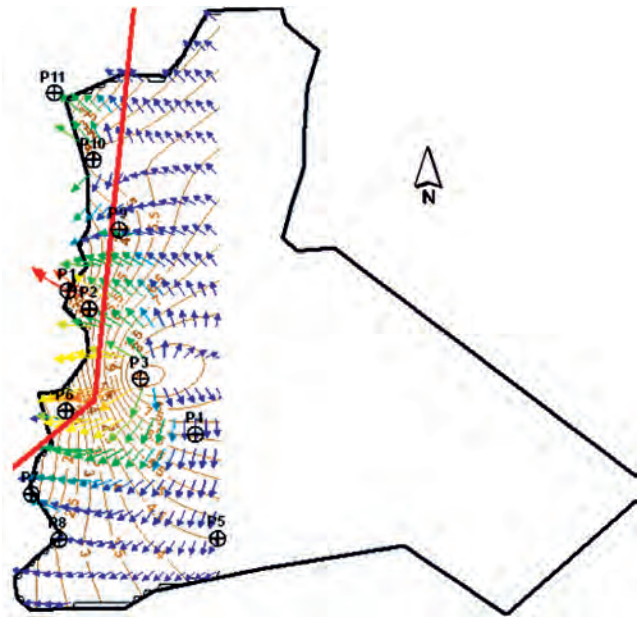


FIGURA 14. Plano de Isohypsas y dirección del flujo subterráneo, 11 junio.

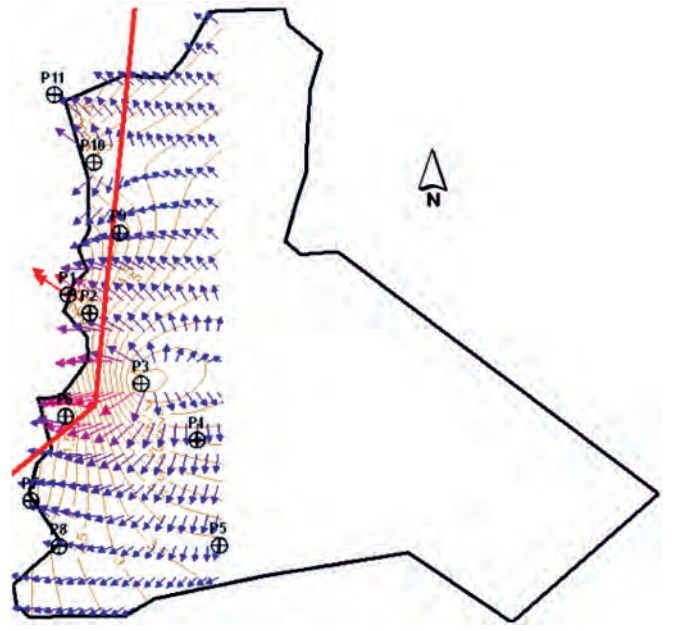


FIGURA 16. Plano de Isohypsas y dirección del flujo subterráneo, 3 julio.

Precipitación, Los valores de precipitación diaria se tomaron de la estación climatológica automatizada denominada El Teniente, localizada en el municipio El Carmen; perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pesca (INIFAP). Los valores más congruentes y que reflejan el comportamiento de la lluvia con la variación de la profundidad del nivel freático corresponde al día 12 de junio de 2014, el resto de la información nos da una idea del comportamiento de dicho nivel (Figura 17). De ahí la necesidad de instalar pluviómetros en el rancho para obtener datos más reales.

La Figura 17 muestra la variación de la profundidad del nivel freático en función de la lluvia diaria, donde se observa la respuesta del suelo, el cual tiene un drenaje natural aceptable y con el mantenimiento de los arroyos o drenaje superficial se complementaria para que el cultivo de la palma de aceite no sufra por exceso de humedad, debido a que el mayor desarrollo de raíces se encuentra a 60 cm, o sea, que a dicha profundidad, la zona debe estar bien aireada y con humedad adecuada para el desarrollo del cultivo.

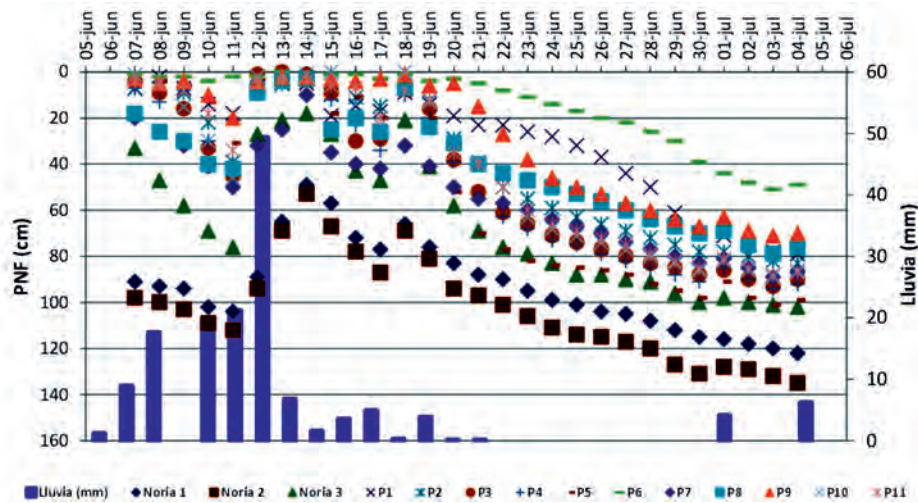


FIGURA 17. Variación de la profundidad del nivel freático en función de la lluvia.

Mareas

Las mareas se pueden definir como una oscilación periódica del nivel de la superficie libre del agua en un océano, mar o cualquier área extensa donde se almacene el agua. Debido a la variabilidad temporal del fenómeno, los diferentes niveles de marea están expuestos a cambios seculares o fluctuaciones, que son producto de la dinámica que tiene el océano con las interrelaciones de los procesos que ocurren en la tierra y en su conjunto, como parte del sistema solar. Algunas de estas variantes pueden apreciarse a lo largo de escalas geológicas, mientras que otros son perceptibles en el tiempo de vida humano

(Coughenor *et al.*, 2009). Las variaciones verticales que acontecen en las aguas marinas de los litorales, pueden detectarse a través de las mediciones mareo gráficas. Las fluctuaciones que se pueden presentar en los niveles de marea, obedecen a fenómenos que le competen al estudio de la Geografía Física. Estos factores físicos se dividen en dos grupos: los hidrometeorológicos y los geodinámicas (Gómez, 1999).

Las mareas se midieron del 19 de junio al 3 de julio de 2014 en el horario de las 06:00 y 18:00 horas (Cuadro 2), los valores se tomaron mediante una escala de madera localizada en el embarcadero a la entrada al rancho Polvoxal, con una elevación (cota) de 0.54 msnm (Figura 18).

Cuadro 2. Oscilación de la marea, en el embarcadero del rancho Polvoxal

Junio/Día	19		20		21		22		23		24	
Horas	06:00	18:00	06:00	18:00	06:00	18:00	06:00	18:00	06:00	18:00	06:00	18:00
Alturas (cm)	0.76	0.61	0.70	0.80	0.78	0.84	0.84	0.82	0.81	0.82	0.69	0.83
Junio/Día	25		26		27		28		29		30	
Horas	06:00	18:00	06:00	18:00	06:00	18:00	06:00	18:00	06:00	18:00	06:00	18:00
Alturas (cm)	0.69	0.75	0.70	0.69	0.66	0.63	0.62	0.67	0.64	0.62	0.61	0.61
Julio/Día	1		2		3							
Horas	06:00	18:00	06:00	18:00	06:00	18:00						
Alturas (cm)	0.93	1.04	0.89	1.04	0.93	1.03						



FIGURA 18. Escala para la medición de las mareas.

Con base en la información de Cuadro 1 y 2 se elaboró primeramente un plano con respecto al nivel freático y la variación de la marea, se tomo el valor más crítico, es decir la marea alta registrada durante la medición, donde se muestra que la máxima para el periodo de medición no afecta la salida flujo hacia el río. La zona afectada queda dentro del Área Natural Protegida.

CONCLUSIONES

- Profundidad del nivel freático (Plano de isobatas). Si bien se muestra muy cercano a la superficie del suelo (color rojo), también nos indican conforme se ausentan las lluvias el nivel freático desciende (color verde) y si llueve sucede lo contrario; este proceso se observa en uno o dos días, es decir el suelo tiene drenaje natural aceptable (suelos franco-arenosos) pero no lo suficiente para garantizar la buena aireación de los 60 cm. La palma de aceite puede aceptar un máximo de 72 horas con mucha humedad, si esta persiste es necesario construir drenaje superficial tanto

principal como parcelario. En cuanto al drenaje superficial principal consistirá en parte del mantenimiento de los arroyos que se encuentran en la zona de proyecto y construir drenes interceptores.

- Los planos de Isohypsas, siempre nos muestran que la dirección del flujo subterráneo va hacia el río, incluso en el día más crítico que es el día 7 de junio (Huracan Boris, 7 de junio 2014).
- La parte más crítica está cerca de los manglares o sea del Área Natural Protegida y no en la zona donde se desarrollará el cultivo de palma, que con un buen drenaje no se tendría ningún problema.
- Se recomienda instalar un pluviómetro y el monitoreo de los pozos de observación durante el periodo de un año cuando menos, para poder diseñar la separación y profundidad de los drenes y establecer un manejo adecuado del agua en el perfil del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APARICIO, M. F.: *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. Editorial Limusa, México, D.F, 1989.
- Aguilar, C. M. Y Martinez, E. R.: *Relaciones Agua Suelo Planta Atmósfera*. Tercera edición. Universidad Autónoma Chapingo. Edo. México, México, 1990.
- BRITISH COLUMBIA MINISTRY OF ENVIRONMENT, LANDS AND PARKS (BC MELP): *Water Quality Criteria for Copper*, UK, 1987.
- FAO: *Las necesidades de agua de los cultivos*, Estudio FAO de Riego y Drenaje número 24, 1988.
- Guidelines for the Interpretation of the Biological Effects of Selected Constituents in Biota, Water, and Sediment, 1998.
- MAAS, E. V.: *Salt tolerance of plants*. In Handbook of plant science in agricultura. B. R. Christie (Ed), CRC Press Boca Raton, Florida. USA, 1984.
- RAYGADA, R.: *Manual Técnico para el cultivo de la palma aceitera*, Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida sin Drogas (DEVIDA); Proyecto de Desarrollo Alternativo Tocache-Uchiza (PRODATU). p. 27-80, 2005.
- SANDOVAL, E.A.: *Programa Estrategico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sur- Sureste de México: Trópico Húmedo 2011*. Paquete Tecnológico Palma de Aceite (*Alaegisguinnensis*Jacq.) Establecimiento y mantenimiento. SAGARPA. INIFAP, México, 2011.
- SOIL CONSERVATION SERVICE: *Drainage of agricultural lands*, Ed. Water Information Center, USA, 1972.
- UNIVERSITY OF CALIFORNIA COMITE OF CONSULTANTS: *Guidelines for interpretation of water quality for agricultural*, University of California, Davis, USA, 1974.
- VÁZQUEZ A. A.: *Guía para interpretar el análisis químico del agua y suelo*, Segunda edición. Ed. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de suelos, Chapingo, Texcoco, Edo. México, 1999.

Recibido: 15/02/2016.

Aprobado: 31/07/2017

José Rodolfo Namuche-Vargas, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México. Correo electrónico: rnamuche@tlaloc.imta.mx

Erickdel Castillo-Solis, Correo electrónico: erickdel_castillo@tlaloc.imta.mx

Marcos Zacarías-Flores, Correo electrónico: mzacariasf77@gmail.com

Nota: La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.