

# CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO EN DOS ZONAS DE TABASCO, MÉXICO, CON POTENCIAL PARA CULTIVAR PALMA DE ACEITE (*Elaeis guineensis* Jacq)

QUALITY OF THE IRRIGATION WATER IN TWO ZONES OF TABASCO, MEXICO, WITH POTENTIAL TO CULTIVATE OIL PALM (*Elaeis guineensis* Jacq)

Palma-López, D.J.<sup>1</sup>; Palma-Cancino, D.J.<sup>2\*</sup>; Jiménez-Jiménez, R.<sup>1</sup>, Obrador-Olán, J.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, Periférico Carlos A. Molina S/N Carretera Cárdenas-Huimanguillo km 3. C.P. 86500. H. Cárdenas, Tabasco, México. <sup>2</sup>Universidad Politécnica del Golfo de México. Ranchería Monte Adentro S/N Carretera Federal Malpaso-El Bellote, Km. 171. C.P. 86600. Paraiso, Tabasco, México.

\*Autor de correspondencia: plusdpc@gmail.com

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad del agua de riego en tierras con aptitud para el cultivo de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en dos áreas de Balancán y Tenosique, Tabasco, México. La información sobre la infraestructura de riego y los cuerpos de agua en el área de estudio fue recopilada e integrada en una base de datos y mapas, para alimentar al sistema de Información Geográfica (SIG). Para la elaboración del mapa de la ubicación de los cuerpos de agua, fueron digitalizadas 36 ortofotos tomadas en 2003. Se recolectaron 16 muestras de 1 L de agua, sobre la margen del río Usumacinta, para su posterior análisis y clasificación. Los resultados indicaron, que la mayoría es de buena calidad y que puede ser usada para el riego de palma de aceite y de otros cultivos. Sólo cuatro están condicionadas por la Relación de Absorción de Sodio (RAS), tres por cloruros, tres por boro y una más por el contenido de Carbonato de Sodio Residual (CSR).

**Palabras clave:** clasificación de aguas, irrigación, río Usumacinta.

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the quality of irrigation water in lands with aptitude for the cultivation of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in two areas of Balancán and Tenosique, Tabasco, México. The information about the irrigation infrastructure and the bodies of water in the study area was gathered and integrated into a database and maps, to feed the Geographic Information System (GIS). For the map elaboration of the location of the bodies of water, 36 orthophotos taken in 2003 were digitalized. Sixteen (16) samples of 1 L of water were gathered on the bank of the Usumacinta River, for their later analysis and classification. The results indicated that most of it is of good quality and can be used for the irrigation of oil palm and other crops. Only four are conditioned by the Relation of Sodium Absorption (RSA), three for chlorides, three for boron, and one more for the content of Residual Sodium Carbonate (RSC).

**Keywords:** water classification, irrigation, Usumacinta River.

**Agroproductividad:** Vol. 10, Núm. 12, diciembre, 2017, pp. 64-70.

**Recibido:** junio, 2017. **Aceptado:** octubre, 2017.

## INTRODUCCIÓN

La demanda del agua crece constantemente tanto para agricultura como para uso urbano e industrial; el sector que más agua utiliza es el agrícola, con cerca de 70 % del agua de los ríos y acuíferos (Shiklomanov, 2000). En muchos países en desarrollo se usa hasta 90 % del agua para irrigación (FAO, 2010). El riego se hace necesario en la agricultura debido a las condiciones climáticas imperantes de un lugar, siendo la distribución de la lluvia la de mayor importancia. Las altas tasas de evaporación y características de la precipitación tropical, son el principal problema en relación a la disponibilidad para los cultivos, particularmente en el llamado trópico seco (Larios-Romero y Hernández, 1992).

En México, el mayor uso es el agrícola, con 77 % del volumen concesionado para uso consuntivo. La superficie cosechada varía entre 18 y 22 millones de hectáreas anualmente. La superficie bajo riego representa 6.11 millones de hectáreas, agrupadas en 85 Distritos de Riego (54 % de la superficie bajo riego) y más de 39 mil Unidades de Riego (46 % restante) (SINA, 2008). La agricultura predominante en Tabasco, México, es básicamente de temporal; el éxito de las cosechas obtenidas en sus cultivos está fuertemente influenciado por las interacciones climáticas, debido al régimen de lluvia. La interacción entre temperatura, precipitación, nubosidad y evaporación, prevalecientes en Tabasco, definen tres épocas en el año denominadas: secas, temporal y nortes (SIAP, 2007). En Tabasco, se encuentran establecidas 186 unidades de riego que cubren 15,100 ha, sin embargo, existe el interés en aumentar esta superficie, por lo

que, entre otros estudios, se deben considerar aspectos fundamentales sobre la aptitud de los suelos y la calidad del agua a utilizar para el riego, así como las necesidades hídricas de los cultivos; con el fin de planear políticas estratégicas que fortalezcan el desarrollo comunitario sin descuidar la conservación de los recursos naturales, suelo y agua (Aceves-Navarro, 2011). La calidad del agua se refiere a las características de ésta, que influyen sobre su aptitud para un uso específico. El estudio de la calidad de agua para riego es un paso indispensable al emprender un proyecto de riego, y ésta debe evaluarse con base en la potencialidad de ésta para no producir efectos dañinos al suelo, a los cultivos, a los animales y personas que consumen los productos agrícolas (Aceves-Navarro, 2011).

Algunos parámetros a evaluar durante el análisis de la calidad de riego, son la Relación de Absorción de Sodio (RAS) y el contenido de Carbonato de Sodio Residual (CSR). El primero evalúa la cantidad de sodio disuelta en el agua, contrastándola con la cantidad de magnesio y calcio. Altos niveles de RAS podrían resultar en un daño de la estructura del suelo y en problemas de reducción de infiltración de agua y aire (Bresler *et al.*, 1982).

El cálculo de carbonato de sodio residual (CSR) indica que cuando en el agua de riego el contenido de carbonatos y bicarbonatos es mayor que el de calcio más magnesio, existe la posibilidad de que se forme carbonato de sodio debido a que por su alta solubilidad puede permanecer en solución, aún después de que se hayan precipitado los carbonatos de calcio y magnesio. En estas condiciones, la concentración

total y relativa de sodio puede ser suficiente para desplazar al calcio y magnesio del complejo de intercambio, favoreciendo la defloculación del suelo (Aguilera y Martínez, 1996). El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad del agua para riego en tierras con aptitud para el cultivo de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en dos zonas de Balancán y Tenosique, Tabasco, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio comprendió áreas de Balancán y Tenosique, Tabasco, México. La superficie total comprendida fue de 141,823 ha localizadas (636703 a 676588 y 1989488 1925140 UTM). Se recabó información relacionada con la infraestructura de riego, cuerpos de agua y ríos del área de estudio, dicha información se integró en una base de datos y posteriormente se transfirió a mapas para su integración al Sistema de Información Geográfica (SIG). Para la elaboración del mapa que muestra la ubicación de los cuerpos de agua se realizó la digitalización de 36 ortofotos correspondientes al área de estudio tomadas en 2003. Para determinar los sitios de toma de muestras de agua, se compiló información de las fuentes de agua presentes en el área de estudio que permitiera la caracterización del agua, tipo de uso, características del equipo de riego, cultivo y época de siembra. Se recolectó 1 L de agua de diferentes fuentes, entre ellas, el río Usumacinta, pozos para riego, jagüeyes, riachuelos y lagunas, el protocolo de muestro se basó en la NOM-250-SSA1-2014. Las muestras fueron enviadas para su análisis al Laboratorio de Análisis de Suelos Plantas y Aguas (LASPA) del Colegio de Postgraduados campus Tabasco. Los métodos químicos para el diag-

nóstico de la calidad del agua fueron los establecidos por la NOM-250-SSA1-2014 (SEMARNAT, 2016).

La clasificación de las diferentes muestras de agua se realizó según la metodología citada por Salgado-García *et al.* (2013), la cual permite conocer los límites de valores máximos y mínimos permisibles para la utilización de aguas con fines de riego agrícola (Cuadro 1).

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

### Elaboración de mapas

Se obtuvo un mapa que muestra la ubicación de los cuerpos de agua y sistemas de riego existentes en el área de estudio, así como la ubicación de las muestras de agua analizadas (Figura 1). El análisis químico fue realizado a 16 muestras de agua, 11 colectadas en Balancán y cinco en Tenosique. De las muestras recolectadas, seis fueron provenientes de pozo, cinco de lagunas, dos de jagüeyes, dos del río Usumacinta y una más de riachuelo (Cuadro 2).

Se estudiaron las limitantes presentes en 16 muestras de agua colectadas en el área de estudio, con la finalidad de determinar si dichas fuentes de agua pueden ser utilizadas con fines de riego agrícola. Los resultados de laboratorio de dichas muestras de agua analizadas se muestran en el Cuadro 3. La clasificación de las diferentes muestras de agua fue realizada con base en estándares citados por Salgado-García *et al.* (2013), y en el Cuadro 4 se muestran los cálculos de indicadores y clasificación de aguas. La principal limitante para la planificación y puesta en marcha de un proyecto de irrigación es la cantidad de agua disponible (Ángeles-Montiel, 2002), sin embargo, dicha limitante no existe en el área de estudio (Velázquez, 1994), por cual la limitante a evaluar fue la calidad del agua existente. Aguilera y Martínez (1996), mencionan que

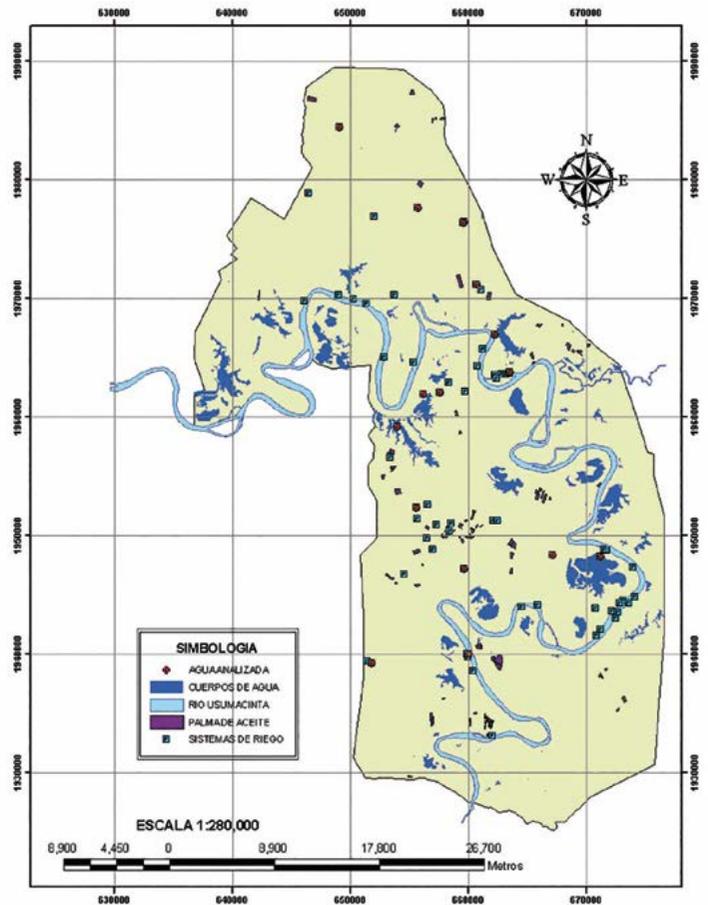


Figura 1. Mapa de parcelas de palma de aceite, los sistemas de riego existentes y cuerpos de agua como posibles fuentes de agua para el riego.

la salinidad efectiva (SE) es una estimación más real del peligro que presentan las sales solubles del agua de riego al pasar a formar parte de la solución del suelo, pues consideran la precipitación ulterior de las sales menos solubles (carbonato de calcio y carbonato de magnesio así como el sulfato de calcio), las cuales dejan de participar en la elevación de la presión osmótica de la solución del suelo. Mientras que la salinidad potencial (SP) es un índice para cuando el suelo tiene una humedad aprovechable menor del 50 % y las últimas sales que quedan en solución son cloruros y sulfatos, la SP indica el peligro de estas sales al favorecer el aumento de la presión osmótica.

De acuerdo al Cuadro 4 de clasificación de las muestras de agua analizadas, se registraron nueve muestras (494-497, 502, 504 y 628-630), procedentes de aguas de buena calidad que pueden ser usadas para el riego de la gran mayoría de cultivos y suelos, con un mínimo de cuidados en el suelo y aguas.

Cuadro 1. Sistema de clasificación de agua para riego (Palacios y Aceves, 1970).

Criterios	Índices y numerales	Abreviaturas
1. Contenido de sales solubles.	1. Conductividad eléctrica. 2. Salinidad efectiva. 3. Salinidad potencial.	CE SE SP
2. Efecto probable del sodio sobre las características físicas.	1. Relación de adsorción de sodio. 2. Carbonato de sodio residual. 3. Por ciento de sodio posible.	RAS CSR PSP
3. Contenido de elementos tóxico para las plantas.	1. Contenido de boro. 2. Contenido de cloruro.	B Cl

**Cuadro 2.** Ubicación de las muestras de agua recolectadas.

COORDENADAS UTM		FUENTE	MUNICIPIO	MUESTRA
X	Y			
649044	1984448	POZO	BALANCÁN	494
655757	1977655	POZO	BALANCÁN	495
659699	1976481	POZO	BALANCÁN	496
659588	1976420	POZO	BALANCÁN	497
660735	1971165	POZO	BALANCÁN	498
663557	1963790	RIO USUMACINTA	BALANCÁN	499
657598	1962083	POZO	BALANCÁN	500
656223	1961906	LAGUNA EL LECHUGAL	BALANCÁN	501
655568	1952410	JAGÜEY	BALANCÁN	502
653996	1959173	LAGUNA LEONA VICARIO	BALANCÁN	503
662298	1966990	LAGUNA SUNINA	BALANCÁN	504
651823	1939301	JAGÜEY	TENOSIQUE	627
671193	1948227	LAGUNA CANITZAN	TENOSIQUE	628
667142	1948343	RIACHUELO	TENOSIQUE	629
659679	1947187	LAGUNA	TENOSIQUE	630
660029	1940041	RIO USUMACINTA	TENOSIQUE	631

Los problemas de toxicidad se diferencian de los de salinidad, porque los primeros ocurren en el interior de la planta, cuando un ion absorbido se acumula en las hojas, por efecto de la transpiración, hasta un nivel que daña la planta y los segundos en el suelo. Los elementos contenidos en las aguas de riego que pueden causar daño en forma individual o combinada son el cloro (Cl), sodio (Na) y boro (B) (Maas, 1986). La toxicidad más común a partir del agua de riego es la producida por Cl, el cual no es adsorbido por el suelo, y se mueve fácilmente en la solución desde donde es absorbido por la planta y circula en ella hasta acumularse en las hojas. Si la concentración sobrepasa la tolerancia del cultivo aparecen claros síntomas de toxicidad que incluyen hojas quemadas y necrosis de tejidos (Barrios *et al.*, 2003). En los cultivos sensibles, los síntomas ocurren cuando la concentración de Cl alcanza niveles de 0.3 % a 1.0 % del peso seco, aunque algunos árboles frutales muestran síntomas importantes en el límite inferior del rango (Palma-López *et al.*, 2003). Las muestras de agua 498, 499 y 503 presentan restricciones para ser utilizadas como fuente de agua de riego, debido a los niveles de Cl encontrados en dichas muestras (1.17, 2.42 y 1.08 meq L<sup>-1</sup>, respectivamente), no obstante entran dentro del límite permisible para el agua de riego al ser menores a 5.0 meq L<sup>-1</sup>, cantidad que se considera no recomendable (Salgado-García *et al.*, 2013). Considerando que la palma de aceite es un cultivo tolerante al Cl, las aguas correspondientes a dichas muestras pueden ser utilizadas como fuente de agua para su riego, mientras que las concentraciones no sobrepasen el umbral mayor a 10 meq L<sup>-1</sup>, que podría resultar letal para la planta (Barrios *et al.*, 2003). Del total de muestras de agua analizadas, únicamente tres (501, 503 y 627) fueron clasificadas como condicionadas para ser utilizadas como fuente de agua de riego, debido a los niveles de B registrados de 0.4, 0.4 y 0.6 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. En las demás muestras la cantidad de B no fue considerada como limitante, ya que las concentraciones fueron me-

nores a 0.30 mg L<sup>-1</sup> (Howe, 1998). Pero, considerando que la palma de aceite es un cultivo tolerante al B, concentraciones mayores a 2 mg L<sup>-1</sup> pueden ser letales (Howe, 1998), las aguas correspondientes a dichas muestras pueden ser utilizadas como fuente de agua para el riego en palma de aceite.

Las muestras 498 y 499 están condicionadas por Cl y RAS. De acuerdo con el cuadro de clasificación, esta agua se condiciona por su contenido de Cl aplicable sólo en cultivos muy sensibles. Esta agua es recomendable para suelos orgánicos o de textura ligera; no así para suelos minerales de textura pesada. Los suelos predominantes en el área de estudios, son los Leptosoles y Luvisoles (Palma-López *et al.*, 2007). Considerando la RAS, puede usarse siempre y cuando haya un grado moderado de lavado, aunque en Tabasco no se practica el lavado de suelos agrícolas, ya que la presencia de precipitación es constante a lo largo del año, y evita la necesidad de esta técnica. En casi todos los casos se pueden cultivar plantas moderadamente tolerantes a sales y sin necesidad de prácticas especiales de control de la salinidad.

La muestra 500 procedente de la Laguna Colorada, está condicionada por CSR y por RAS, por lo que, al utilizar esta agua como fuente de riego, se debe tener especial cuidado, dado que existe la posibilidad que se formen carbonatos de sodio, debido a que su alta solubilidad le permite permanecer en solución aún después de que se han precipitado los carbonatos de calcio y magnesio. En estas condiciones la concentración total y relativa de sodio puede ser suficiente para desplazar al calcio y magnesio de

**Cuadro 3** Resultados de laboratorio de las muestras de agua analizadas.

MUESTRA	SITIO DE MUESTREO	pH	CE dS m <sup>-1</sup>	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	meq L <sup>-1</sup>					B mg L <sup>-1</sup>	FECHA
								K	Ca	Mg	Na			
1494	RANCHERÍA LAS DELICIAS, CAMPO ALTO	5.21	0.050	NSD	0.51	0.75	NSD	0.03	0	0.01	0.24	0.11	14/01/2008	
495	RANCHERÍA XOCHIMILCO, GUAJIMALPA	5.71	0.080	NSD	0.51	0.83	NSD	0.05	0.03	0.10	0.3	0.11		
496	VIVERO PROPLANSE	5.43	0.050	NSD	0.51	0.75	NSD	0.02	0	0.01	0.24	0.06		
497	VIVERO PROPLANSE	5.43	0.090	NSD	0.51	0.75	NSD	0.03	0.01	0.03	0.66	0.17		
498	RANCHERÍA SUNINA	4.71	0.280	NSD	0.51	1.17	NSD	0.23	0.03	0.64	1.43	0.11		
499	RIO USUMACINTA	7.35	0.480	0.51	2.86	2.42	NSD	0.03	3.56	1.21	0.19	0.17		
500	RANCHERÍA 2 ARBOLITOS, LAGUNA COLORADA	7.39	0.330	0.51	3.20	0.83	NSD	0.10	1.44	0.50	0.55	0.17		
501	LAGUNA EL LECHUGAL	7.27	0.170	NSD	2.36	0.75	NSD	0.08	0.66	0.48	0.24	0.40		
502	EJIDO EL ARENAL	6.70	0.060	NSD	0.51	0.67	NSD	0.06	0.01	0.05	0.24	0.29		
503	LAGUNA LEONA VICARIO	6.96	0.100	NSD	1.18	1.08	NSD	0.09	0.25	0.23	0.22	0.4		
504	LAGUNA SUNINA	7.03	0.100	NSD	0.10	0.92	NSD	0.08	0.21	0.16	0.26	0.29		
627	SANTA LUCIA (JAGUEY)	5.98	0.029	NSD	0.51	0.83	NSD	0.09	0.03	0.05	0.06	0.60	28/01/2008	
628	LAGUNA CANITZAN	6.89	0.202	0.34	2.02	0.83	NSD	0.05	1.01	0.64	0.16	0.43		
629	EL MANANTIAL	6.46	0.041	NSD	0.51	0.83	NSD	0.05	0.01	0.05	0.20	0.34		
630	EJIDO GUAYACAN	5.95	0.048	NSD	0.67	0.83	NSD	0.07	0.15	0.08	0.16	1.20		
631	RIO USUMACINTA, EJIDO CENTRO USUMACINTA	7.72	0.518	0.51	2.86	0.83	NSD	0.02	2.89	1.48	0.17	0.30		

† NUMERO DE MUESTRA ASIGNADO EN EL LABORATORIO.

NSD=No se Determinó.

**Cuadro 4** Cálculo de indicadores para la clasificación de aguas.

MUESTRA	SITIO DE MUESTREO	↘ DE CATIONES	↘ DE ANIONES	SALINIDAD EFECTIVA	SALINIDAD POTENCIAL	CSR	RAS	CLORO	BORO	CLASIFICACIÓN POR					
										Salinidad efectiva	Salinidad potencial	CSR	Cl	RAS	BORO
1494	RANCHERÍA LAS DELICIAS, CAMPO ALTO	0.28	1.26	0.27	0.75	0.5	3.394	0.75	0.11	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	C1-S1	BUENA
495	RANCHERÍA XOCHIMILCO, GUAJIMALPA	0.48	1.34	0	0	0.41	1.176	0.83	0.11	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	C1-S1	BUENA
496	VIVERO PROPLANSE	0.27	1.26	0	0	0.5	3.394	0.75	0.06	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	C1-S1	BUENA
497	VIVERO PROPLANSE	0.73	1.26	0	0	0.47	4.666	0.75	0.17	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	C1-S1	BUENA
498	RANCHERÍA SUNINA	2.33	1.68	1.82	1.17	-0.16	2.470	1.17	0.11	BUENA	BUENA	BUENA	CONDICIONADA	C2-S1	BUENA
499	RIO USUMACINTA	4.99	5.79	1.62	2.42	-1.4	0.123	2.42	0.17	BUENA	BUENA	BUENA	CONDICIONADA	C2-S1	BUENA
500	RANCHERÍA 2 ARBOLITOS, LAGUNA COLORADA	2.59	4.54	0.65	0.83	1.77	0.558	0.83	0.17	BUENA	BUENA	CONDICIONADA	BUENA	C2-S1	BUENA
501	LAGUNA EL LECHUGAL	1.46	3.11	0	0	1.22	0.317	0.75	0.40	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	C1-S1	CONDICIONADA
502	EJIDO EL ARENAL	0.36	1.18	0	0	0.45	1.385	0.67	0.29	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	C1-S1	BUENA
503	LAGUNA LEONA VICARIO	0.79	2.26	0	0	0.7	0.449	1.08	0.40	BUENA	BUENA	BUENA	CONDICIONADA	C1-S1	CONDICIONADA
504	LAGUNA SUNINA	0.71	1.02	0	0	-0.27	0.604	0.92	0.29	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	C1-S1	BUENA
627	SANTA LUCIA (JAGÜEY)	0.23	1.34	0	0	0.43	0.300	0.83	0.60	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	C1-S1	CONDICIONADA
628	LAGUNA CANITZAN	1.86	3.19	0	0	0.71	0.176	0.83	0.16	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	C1-S1	BUENA
629	EL MANANTIAL	0.31	1.34	0	0	0.45	1.154	0.83	0.20	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	C1-S1	BUENA
630	EJIDO GUAYACAN	0.46	1.5	0	0	0.44	0.471	0.83	0.16	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	C1-S1	BUENA
631	RIO USUMACINTA, EJIDO CENTRO USUMACINTA	4.56	4.2	1.19	0.83	-1	0.115	0.83	0.17	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	C2-S1	BUENA

† NUMERO DE MUESTRA ASIGNADO EN EL LABORATORIO.

la solución del complejo de intercambio, produciendo la defloculación del suelo (Martínez *et al.*, 2008). Para evitar lo anterior (defloculación), se debe contar con drenaje en las áreas de cultivo para reducir el riesgo de compactación de suelo, asimismo, se recomienda realizar el subsoleo para evitar el encostramiento y formación del piso de arado en el suelo. Además, los agricultores deben tener muy en cuenta los riegos hacia sus parcelas en tiempo y volúmenes (dosificación), emplear metodologías de control de salinidad e implementar la incorporación de materia orgánica en las parcelas, con la finalidad de mejorar el suelo. Sin embargo, por ser zonas bajas inundables, el control de salinidad suele ser poco necesario para la región estudiada; ya que por el constante lavado de los suelos, no existe un riesgo importante de salinización de los suelos.

La muestra 503 está condicionada por el contenido de cloruros y boro. Para el caso del cloruro, el problema se puede solucionar impidiendo su acumulación en el suelo al mantener una fracción adecuada de lavado del suelo. Tratando siempre de monitorear los niveles de cloruro para que no se conviertan en problemas a futuro, ya que en cultivos muy sensibles pueden ocasionar quemaduras al follaje cuando se emplea el riego por aspersión. Para el caso del boro, también está condicionada, debido a que éste causaría problemas a cultivos muy sensibles, no así en la palma de aceite, por lo que esta agua se puede utilizar para el riego, únicamente se debe descartar un sobre riego ya que esto pudiera aumentar las concentraciones de cloro y afectar el crecimiento de los cultivos. La muestra 631, procedente del río Usumacinta, está limitada por el RAS, aunque según la clasificación puede usarse siempre y cuando haya un grado moderado de lavado.

En general, las muestras de aguas analizadas con fines de riego en el área de estudio están condicionadas por la RAS (498-500 y 631), cloruros (498, 499 y 503), boro (501, 503 y 627) y una más (500) por el contenido de CSR.

## CONCLUSIONES

La palma de aceite puede cultivarse sin problema, ya que en la zona la elevada presencia de precipitaciones ayuda a que los lavados de sales se realicen anualmente y de forma cíclica, reduciendo considerablemente el riesgo de salinidad. Para el uso de esta agua en palma, es necesario considerar la adición de boro, además del existente en el suelo. Se recomien-

da, además, realizar estudios periódicos de calidad del agua en las zonas agrícolas del área caracterizada con la finalidad de poder inferir riesgos potenciales de daños a los suelos y cultivos y, de manera indirecta, a los consumidores por presencia de agentes potencialmente tóxicos, desde biológicos (coliformes fecales, bacterias facultativas), metales pesados, plaguicidas, químicos disueltos, exceso de sales, entre otros.

## LITERATURA CITADA

- Aceves-Navarro E. 2011. El ensalitramiento de los suelos bajo riego. Colegio de Postgraduados, Mundi Prensa. México. 203 p.
- Aguilera S. A., Martínez E. R. 1996. Relaciones agua suelo planta atmósfera. Universidad Autónoma Chapingo. México. 256 p.
- Ángeles-Montiel V. 2002. Diseño Agronómico de Sistemas de Riego Presurizados. Universidad Autónoma Chapingo. México. 168 p.
- Barrios R., Arteaga A., Florentino A., Amaya G. 2003. Evaluación de sistemas de subirrigación y de aspersión en suelos cultivados con palma aceitera. UDO Agrícola 3 (1): 39-46.
- Bresler E. B., McNeal L., Carter D. L. 1982. Saline and sodic soils: Principles- Dynamics-Modeling. Springer-Verlag, Berlín Heidelberg. New York. 236 p.
- Canovas C. J. 1986. Calidad agronómica de las aguas de riego. Servicio de extensión Agraria. España. 190 p.
- FAO. 2010. Statistical Database (FAOSTAT). <http://faostat.fao.org/2010>.
- Howe P.D. 1998. A review of boron effects in the environment. Biological Trace Elemental Research 66: 153-166.
- Larios-Romero J., Hernández J. 1992. Fisiografía, ambientes y uso agrícola de la tierra en Tabasco, México. Ed. Unidad de Centros Regionales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 130 p.
- Maas E.V. 1986. Salt tolerance of plants. Applied Agricultural Research 1:12-26.
- Martínez H.E., Fuentes E. J., Acevedo H. E. 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal 8 (1): 68-96.
- Palma-López D. J., Bernabé A. V., Rincón-Ramírez J. A., Moreno-Cáliz E., López-Castañeda A., Escanga V. 2003. Infraestructura de riego y diagnóstico de erosión en el estado de Tabasco. Colegio de Postgraduados. México. 22 p.
- Palma-López D. J., Cisneros D. J., Moreno-Cáliz E., Rincón-Ramírez J. A. 2007. Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-FUPROTAB. México. 195 p.
- Salgado-García S., Palma-López D. J., Castelán-Estrada M., Lagunes-Espinoza L. C., Ortiz L. H. 2013. Manual para muestreo de suelos, plantas y agua e interpretación de análisis para la producción sostenible de alimentos. Colegio de Postgraduados campus Tabasco. México. 101 p.
- SEMARNAT. 2016. Norma Oficial Mexicana NOM-250-SSA1-2014, Agua para uso y consumo humano. Límites máximos permisibles de la calidad del agua y requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados, su control y vigilancia. Procedimiento sanitario de muestreo.
- Shiklomanov I. A. 2000. Appraisal and assessment of world water Resources. Water International 25 (1): 11-32.
- SIAP. 2007. Anuario estadístico. México, DF. 131 p.
- SINA. 2008. Información sobre el agua en México. México, D.F.
- Velázquez V. G. 1994. Los recursos hidráulicos del estado de Tabasco. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México. 242 p.