



VIII Congreso Nacional y
I Congreso Internacional
de Riego, Drenaje y Biosistemas
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila
4 al 6 octubre 2023



DETERMINACIÓN DE LÁMINAS DE LAVADO EN SUELOS AGRÍCOLAS DEL PUEBLO DE PÓTAM, SONORA

M.C. José Rodolfo Namuche Vargas



Fecha de presentación: 03 de octubre 2023





VIII Congreso Nacional y
I Congreso Internacional
de Riego, Drenaje y Biosistemas
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila
4 al 6 octubre 2023



ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

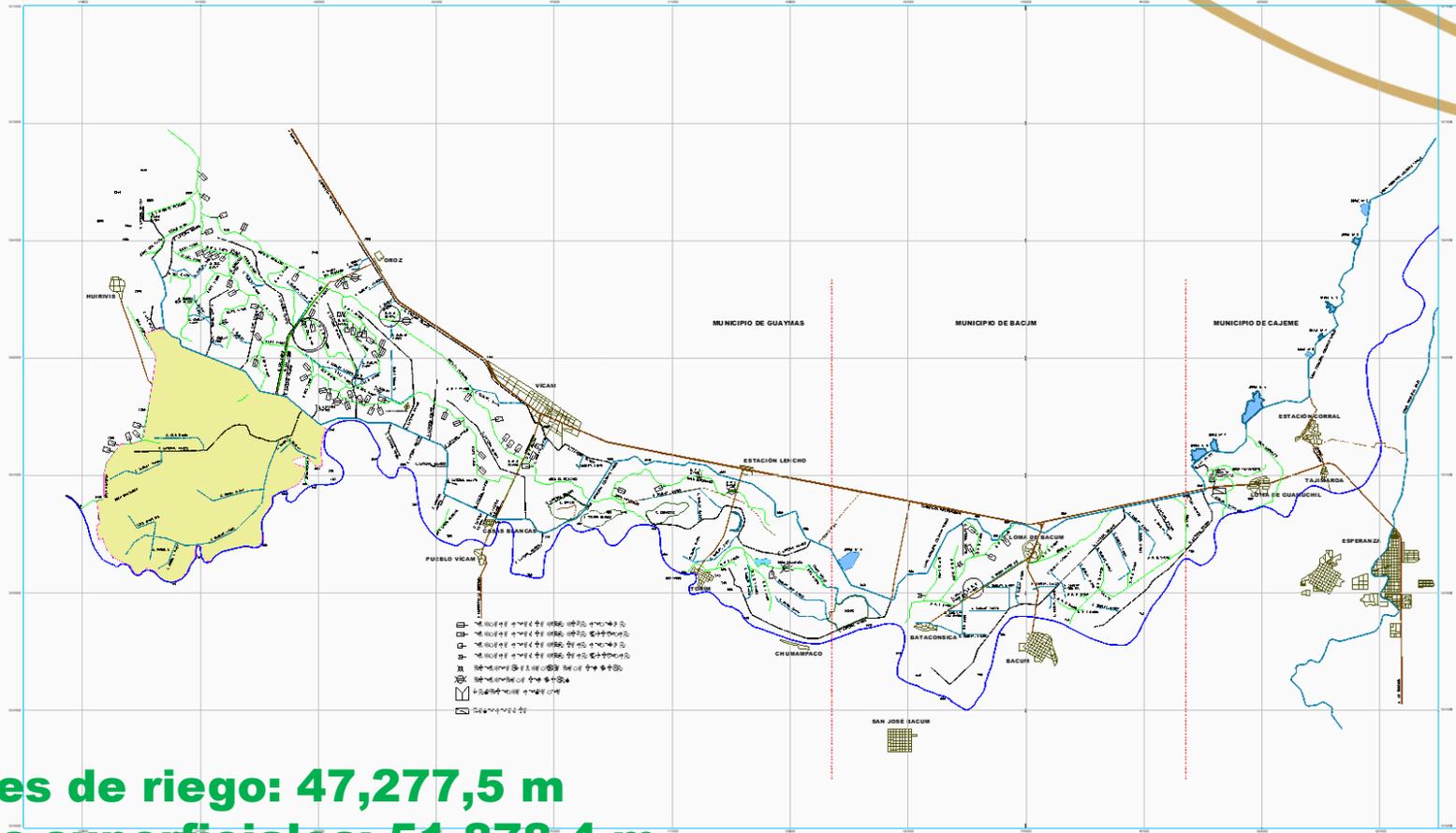
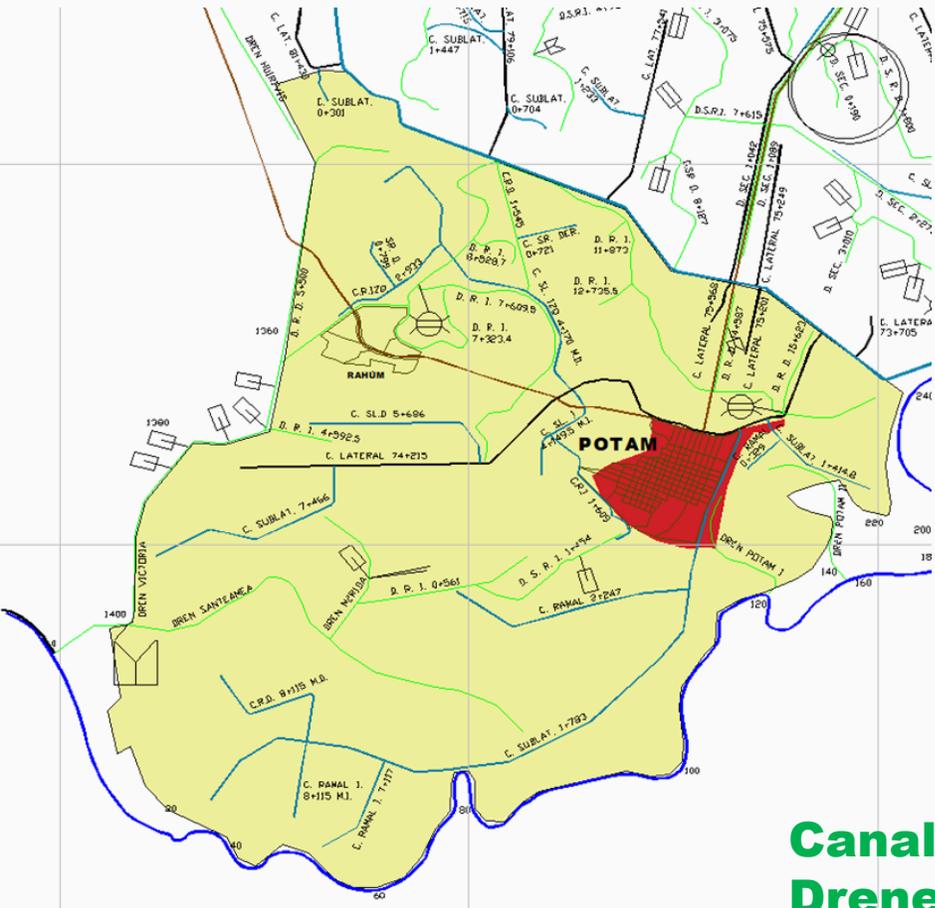
En los últimos años como consecuencia del cambio climático que estamos viviendo en el planeta tierra, el agua es un recurso que cada vez se está degradando por el mal uso que le estamos dando; especialmente por la contaminación de una manera u otra inducida por el hombre.

La agricultura bajo riego es la que utiliza la mayor cantidad del recurso agua en la producción de alimentos, y en la mayoría de los casos con una eficiencia global muy baja del orden del 38%; induciendo a la salinidad de los suelos en diferentes grados, si es que estos no tienen un buen drenaje natural, apoyados con drenes principales y secundarios en malas condiciones de funcionamiento.

La rehabilitación de suelos degradados por salinidad se lleva a cabo primeramente a través del drenaje superficial y subterráneo. Con la finalidad de eficientar esta tecnología es necesario complementar con prácticas culturales como: subsoleo, rastreo, aplicación de láminas de lavado y mejoradores químicos; así como el manejo del cultivo recomendado con base en el grado de salinidad de suelo.

Material es y Métodos

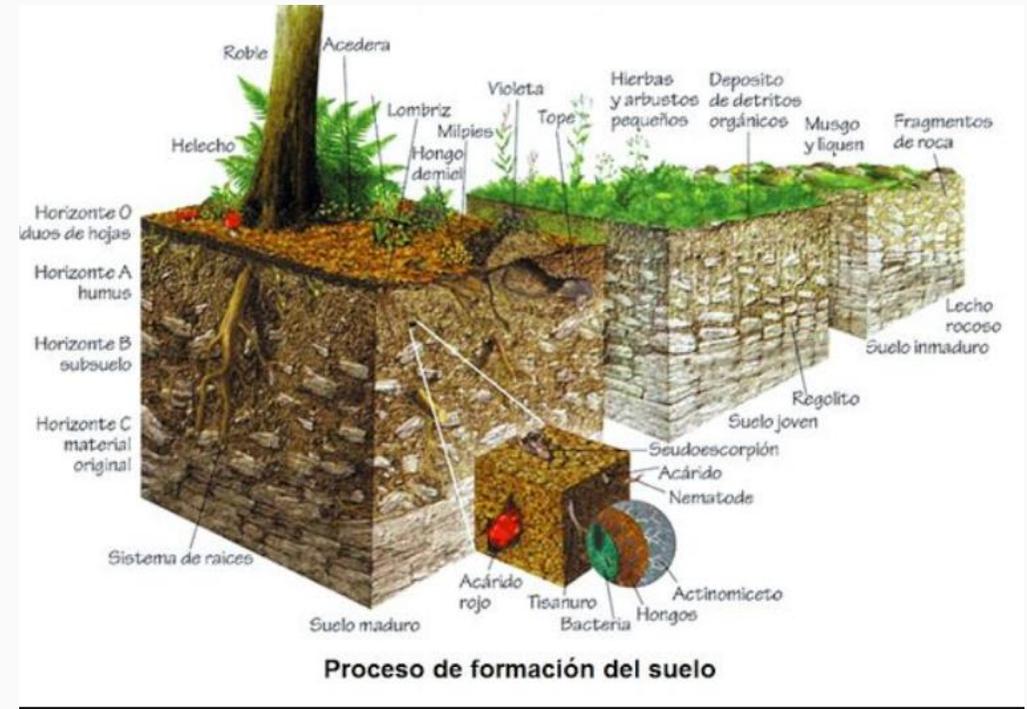
LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



Canales de riego: 47,277,5 m
Dren es superficiales: 51,878.4 m

Suelo

Un suelo es un sistema natural desarrollado a partir de una mezcla de minerales (arcillas, limos y arenas) y restos orgánicos (residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición) bajo la influencia de factores formadores (clima, pendiente, medio biológico) y del tiempo. Así mismo, se diferencia en horizontes y se le atribuyen funciones que consisten en suministrar oxígeno, agua, sustancias nutricionales y anclaje mecánico para las plantas (Porta y López, 1993).



DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS

La degradación del suelo se define como la pérdida de las condiciones normales en sus propiedades físicas, químicas y biológicas por acción natural o antrópica:

- i) degradación natural, que no es muy grave, se debe a procesos lentos de pérdidas y ganancias debidas al desprendimiento de materiales por acción del agua, el viento o la gravedad,**
- ii) degradación antrópica, que es causada por acción del hombre y sus actividades productivas genera mayores impactos en cortos periodos de tiempo. La erosión, compactación, contaminación, endurecimiento, acidificación, salinización, remoción masal y desertificación.**

Suelos Normales o no salinos, Son suelos de buena calidad agronómica y donde las plantas presentan buen desarrollo y se obtienen buena producción.

Suelos salinos, contienen suficientes sales como para limitar el crecimiento de algunos cultivos por disminución en el potencial hídrico total. Desde el punto de vista agrícola, una alta concentración de sal en el suelo provoca una serie de dificultades en los cultivos, que van desde la reducción de la disponibilidad de nutrientes esenciales, la alteración metabólica, la reducción de los rendimientos, hasta la muerte.





VIII Congreso Nacional y
I Congreso Internacional
de Riego, Drenaje y Biosistemas
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila
4 al 6 octubre 2023



Suelos salino-sódicos, Contienen suficientes sales como para limitar el crecimiento de algunos cultivos y cantidades excesivas de Na en los sitios de intercambio. Los cultivos pueden ser afectados por exceso de sales y Na, pero generalmente drenan muy bien. Las sales proveen cationes en exceso que se adsorben a coloides negativamente cargadas, reduciendo la tendencia a dispersarse. Estos se pueden convertir en suelos sódicos fácilmente. Presentan los mismos problemas de los suelos salinos.

Suelos sódicos, contienen cantidades excesivas de sodio (Na) en los sitios de intercambio, las cuales dispersan las partículas de suelo, materia orgánica y arcillas; ocasionando reducción o pérdida de la estructura del suelo. Limita el movimiento de aire y agua, lo que trae como consecuencia la disminución de infiltración, percolación y drenaje deficiente. El Na reemplaza los cationes divalentes y el Na adsorbido está hidratado y aumenta la electronegatividad hasta que las partículas se repelen.

Suelos calcáreos, Contienen CaCO_3 libre, y no necesariamente son salinos ni salino-sódicos. La presencia de carbonatos libres influye en ciertas prácticas de manejo como el uso de herbicidas, aplicación de P y la disponibilidad de micronutrientes. El reducir el pH de estos suelos usualmente no es económico, pero se utilizaría azufre.



Evolución de la superficie sembrada (ha) y láminas de riego (cm) para el cultivo de trigo por riego en seis ciclos agrícolas (2013 al 2019).

Ciclo agrícola	Superficie (ha)	Láminas (cm)					
		Presiembra	Pirimero	Segundo	Tercero	Cuarto*	Total
Base (DR 018)	17,461	24.10	22.10	21.70	20.90	2.29	91.09
2013-2014	8,936	24.44	21.80	19.45	18.93	2.03	86.65
2014-2015	16,461	22.17	18.94	16.90	15.68	1.00	74.69
2015-2016	15,609	22.17	18.94	16.90	15.68	2.45	76.14
2016-2017	11,926	21.53	19.09	16.13	14.83	0.87	72.45
2017-2018	10,545	20.10	17.38	16.38	15.41	1.45	70.72
2018-2019	7,967	18.22	17.00	15.88	15.10	2.24	68.44

Fuente: Manuel Velazquez et. Al 2020



Los principales efectos de la salinidad sobre el crecimiento de las plantas y su producción son:

- **Germinación lenta e insuficiente de las semillas.**
- **Sequía fisiológica, marchitez y secado de plantas.**
- **Crecimiento retardado, hojas pequeñas, ramas y tallos cortos hojas de color azul verdes.**
- **Retardamiento del florecimiento, pocas flores, esterilidad y semillas pequeñas.**
- **Crecimiento de plantas tolerantes a las sales o plantas halófitas bajos rendimientos de semillas y partes vegetativas de la planta.**



ORIGEN DE LA SALINIDAD

El agua de riego de buena calidad tiene 0.3 dS/m de CE, si al cultivo de maíz se le aplica durante el ciclo agrícola 10,000 m³, dicha agua deja 2,000 kg de sal en el perfil del suelo. Si el suelo no tiene un buen drenaje natural se forman suelos salinos, salinos-sódicos y sódicos.

Distrito Riego	Volumen Anual (m³)	CE (dS/m)	Sales (ton)
076 Valle del Carrizo 1997	600,000,000	0.85	326,400





Directrices para diagnóstico de suelos salinos, sódicos o calcáreos

SUELO	CE (dS/m)	PSI (%)	pH	OBSERVACIONES
Normal	< 4	< 15	6.5-7.5	Buena permeabilidad, aeración y con buena estructura.
Salino	> 4	< 15	7.5-8.5	Se les reconoce por la presencia de costras blancas en su superficie.
Salino-sódico	> 4	> 15	> 8.5	Cuando estos suelos contienen calcio, se disuelve y reemplaza al sodio intercambiable, el cual es eliminado en forma simultánea con el exceso de sales.
Sódico	< 4	> 15	8.5-10.0	Mala permeabilidad, difícil de trabajar y alta defloculación de sus partículas.
Calcáreos	<4	<15	7.3-8.4	Contienen carbonatos libres que influyen en ciertas prácticas de manejo del cultivo.



VIII Congreso Nacional y
I Congreso Internacional
de Riego, Drenaje y Biosistemas
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila
4 al 6 octubre 2023



PRACTICAS CULTURALES

- a) **Físicas o mecánicas**, como subsoleo, rastreo cruzado y empareje o nivelación.
- b) **Hidrotécnicas**, que consisten en la aplicación de láminas de lavado estimadas, por ejemplo, con la fórmula de Volouvyev (1966):

$$L_v = \alpha \text{Log} \left(\frac{CE_i}{CE_o} \right)$$

- c) **Químicas**, aplicación de mejoradores

$$D_m = \frac{(PSI_i - PSI_f) CIC P_e h d_a}{100}$$

- d) **Métodos biológicos**, Consisten en incorporar estiércol, abonos verdes y establecimiento de cultivos tolerantes a las sales



Resultados y Discusión

En una superficie agrícola de 45 ha se instaló drenaje subterráneo parcelario en cuatro parcelas en el año 2022 del Pueblo Pótam, perteneciente al Distrito de Riego 018 del Pueblo Yaqui; se realizaron 6 perforaciones y cada de ellas se obtuvieron dos muestras de suelo de 0-30 y 30-60 cm, un total 12 muestras

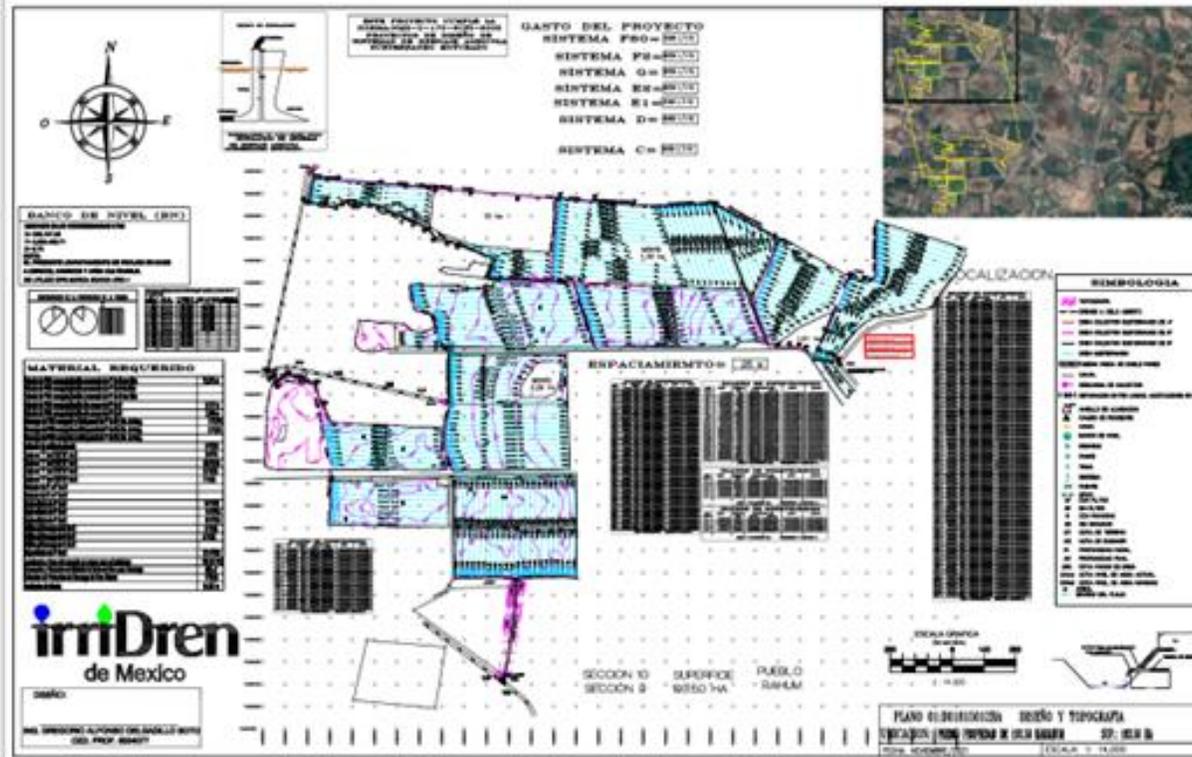
FIGURA	PROFUNDIDAD (cm)	N° POZO	CE (dS/m)	PSI (%)	pH	DIAGNÓSTICO
4.1. A	00-30	1	18.50	10.78	7.50	Suelo salino, se les reconoce por la presencia de costras blancas en su superficie. contienen suficientes sales como para limitar el crecimiento de algunos cultivos por disminución en el potencial hídrico total. Se recomienda aplicar láminas lavado.
4.1. A	30-60	1	20.74	10.61	7.55	Suelo salino, se les reconoce por la presencia de costras blancas en su superficie. contienen suficientes sales como para limitar el crecimiento de algunos cultivos por disminución en el potencial hídrico total. Se recomienda aplicar láminas lavado.
4.1. B	00-30	5	30.60	12.91	7.48	Suelo salino, se les reconoce por la presencia de costras blancas en su superficie. contienen suficientes sales como para limitar el crecimiento de algunos cultivos por disminución en el potencial hídrico total. Se recomienda aplicar láminas lavado.
4.1. B	30-60	5	31.82	13.25	7.60	Suelo salino, se les reconoce por la presencia de costras blancas en su superficie. contienen suficientes sales como para limitar el crecimiento de algunos cultivos por disminución en el potencial hídrico total. Se recomienda aplicar láminas lavado.
4.1. B	00-30	6	21.80	10.95	7.63	Suelo salino, se les reconoce por la presencia de costras blancas en su superficie. contienen suficientes sales como para limitar el crecimiento de algunos cultivos por disminución en el potencial hídrico total. Se recomienda aplicar láminas lavado.
4.1. B	30-60	6	26.60	13.81	7.68	Suelo salino, se les reconoce por la presencia de costras blancas en su superficie. contienen suficientes sales como para limitar el crecimiento de algunos cultivos por disminución en el potencial hídrico total. Se recomienda aplicar láminas lavado.
4.1. C	00-30	8	42.50	15.88	7.72	Suelo salino sódico, se les reconoce por la presencia de costras blancas en su superficie. contienen suficientes sales como para limitar el crecimiento de algunos cultivos por disminución en el potencial hídrico total. Con tendencia a suelo salino sódico, acumula sodio. Se recomienda aplicar láminas lavado.
4.1. C	30-60	8	30.40	12.40	7.58	Suelo salino, se les reconoce por la presencia de costras blancas en su superficie. contienen suficientes sales como para limitar el crecimiento de algunos cultivos por disminución en el potencial hídrico total. Se recomienda aplicar láminas lavado.
4.1. C	00-30	9	20.70	12.30	7.80	Suelo salino, se les reconoce por la presencia de costras blancas en su superficie. contienen suficientes sales como para limitar el crecimiento de algunos cultivos por disminución en el potencial hídrico total. Se recomienda aplicar láminas lavado.
4.1. C	30-60	9	13.30	7.21	7.84	Suelo salino, se les reconoce por la presencia de costras blancas en su superficie. contienen suficientes sales como para limitar el crecimiento de algunos cultivos por disminución en el potencial hídrico total. Se recomienda aplicar láminas lavado.
4.2	00-30	10	11.70	7.02	8.08	Suelo salino, se les reconoce por la presencia de costras blancas en su superficie. contienen suficientes sales como para limitar el crecimiento de algunos cultivos por disminución en el potencial hídrico total. Se recomienda aplicar láminas lavado.
4.2	30-60	10	14.30	8.98	8.34	Suelo salino, se les reconoce por la presencia de costras blancas en su superficie. contienen suficientes sales como para limitar el crecimiento de algunos cultivos por disminución en el potencial hídrico total. Se recomienda aplicar láminas lavado.



VIII Congreso Nacional y
I Congreso Internacional
de Riego, Drenaje y Biosistemas
COMETI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila
4 al 6 octubre 2023



Diseño e instalación de drenaje subterráneo parcelario





VIII Congreso Nacional y
I Congreso Internacional
de Riego, Drenaje y Biosistemas
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila
4 al 6 octubre 2023



LÁMINAS DE LAVADO

FIGURA	PROFUNDIDAD (cm)	POZO	CE (dS/m)	Cl (meq/L)	Cl (%)	TEXTURA	α	Lvc (cm)	Lvp (cm)
4.1. A	00-30	1	18.50	93.00	74.42	Media	92	33	35.78
4.1. A	30-60	1	20.74	95.80	71.23	Media	92	38	
4.1. B	00-30	5	30.60	146.00	72.61	Media	92	54	49.21
4.1. B	30-60	5	31.82	152.60	79.08	Media	92	55	
4.1. B	00-30	6	21.80	96.40	69.56	Media	92	40	
4.1. B	30-60	6	26.60	117.00	69.54	Media	92	48	
4.1. C	00-30	8	42.50	212.20	74.48	Media	92	67	44.59
4.1.C	30-60	8	30.40	146.80	73.06	Media	92	53	
4.1. C	00-30	9	20.70	92.00	69.71	Media	92	38	
4.1.C	30-60	9	13.30	67.80	74.37	Media	92	20	
4.2	00-30	10	11.70	65.00	77.44	Media	92	15	19.20
4.2	30-60	10	14.30	70.20	73.19	Media	92	23	

La lámina total de riego tradicional aplicada para el cultivo de trigo es de 91 cm, la aplicada con la metodología de RIGRAV es de 68 cm, ahorrándose 23 cm (25%) cm en el Distrito de Riego 018 del Pueblo Yaqui.

Las láminas de lavado para las parcelas Lv Fig. 4.1.A, Lv Fig. 4.1.B, Lv Fig. 4.1.C, Lv Fig. 4.2, corresponden a 36, 49, 45 y 19, respectivamente.



Para el seguimiento y aplicación de las láminas de lavado, se propone lo siguiente:

- **Aplicar la lámina de riego tradicional la parcela Lv Fig. 4.2, debido a que la diferencia con la lámina encontrada y recomendada por RIGRAV es de 23 cm.**
- **Para el resto de las parcelas aplicar una lámina de lavado de 20 cm, posteriormente seguir aplicando las láminas de riego tradicional, o sea, el riego de presiembra, hasta el cuarto riego.**
- **Es necesario medir con equipo de campo la conductividad eléctrica después de cada lavado o riego.**
- **Después del ciclo agrícola, si la conductividad eléctrica es de 8 milimhos/cm, se retomaría la aplicación de las láminas de riego encontradas por RIGRAV.**



Conclusiones y recomendaciones

- 1. Se instalaron en cuatro parcelas un total de 45 ha de drenaje subterráneo parcelario en tierras agrícolas del pueblo de Potám, perteneciente al Distrito de Riego 018 del Pueblo Yaqui.**
- 2. Con la finalidad de eficientar el sistema de drenaje, se determinan las prácticas culturales con base en los análisis de suelo, resultando lo siguiente:**
 - a) Subsoleo hasta una profundidad de 70 cm y rastreo.**
 - b) La degradación de los suelos en cuanto a salinidad y siguiendo las directrices de FAO, se encontraron suelos salinos y salino sódicos.**
 - c) Aplicar láminas de lavado a las parcelas Lv Fig. 4.1.A, Lv Fig. 4.1.B, Lv Fig. 4.1.C, Lv Fig. 4.2, y corresponden a 36, 49, 45 y 19 cm, respectivamente.**



- 3. Para el seguimiento y aplicación de las láminas de lavado, se propone y recomienda lo siguiente:**
- **Aplicar la lámina de riego tradicional la parcela Lv Fig. 4.2, debido a que la diferencia con la lámina encontrada y recomendada por RIGRAV es de 23 cm.**
 - **Para el resto de las parcelas aplicar una lámina de lavado de 20 cm, posteriormente seguir aplicando las láminas de riego tradicional, o sea, el riego de presiembra, hasta el cuarto riego.**
 - **Después de aplicar la primera lámina de lavado y medir la conductividad eléctrica del suelo, si es alrededor de 8 dS/m, se instalará un cultivo de trigo; si es mayor de 8 dS/m se instalará un cultivo de pasto.**
 - **Es necesario medir con equipo de campo la conductividad eléctrica del suelo después de cada lavado o riego.**
 - **Después del ciclo agrícola, si la conductividad eléctrica es de 8 milimhos/cm, se retomaría la aplicación de las láminas de riego encontradas por RIGRAV.**
 - **Se recomienda que los drenes a cielo abierto donde descargan los colectores parcelarios deben estar limpios y bien conservados.**



VIII Congreso Nacional y
I Congreso Internacional
de Riego, Drenaje y Biosistemas
COMEI - UAAAN 2023 | Saltillo, Coahuila
4 al 6 octubre 2023



GRACIAS!

M.C. José Rodolfo Namuche Vargas

rnamuche@tlaloc.imta.mx

Fecha de presentación: 04 de octubre 2023

