



Quinto Congreso Nacional de Riego y Drenaje COMEII-AURPAES 2019

Septiembre 2019 | Mazatlán, Sinaloa



AURPAES, S.C.
Asociación Estatal de Asociaciones de Usuarios de Riego
Productores Agrícolas del Estado de Sinaloa S.C.



Enseñar la explotación de la tierra,
no la del hombre

RECOMENDACIONES PARA LA APLICACIÓN DE LAVADOS EN SUELOS FUERTEMENTE AFECTADOS POR SALES

FÉLIX ALBERTO LLERENA VILLALPANDO

Fecha de presentación **19/septiembre/2019**
Mazatlán, Sinaloa, México



SINALOA
GOBIERNO DEL ESTADO



CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA



AURPAES, S.C.
Asociación Estatal de Asociaciones de Usuarios de Riego
Productores Agrícolas del Estado de Sinaloa S.C.



SADER
SECRETARÍA DE AGRICULTURA
Y DESARROLLO RURAL



SINALOA
SECRETARÍA DE
AGRICULTURA
Y GANADERÍA

AMERD
ASOCIACIÓN MEXICANA DE EMPRESAS DE RIEGO Y DRENAJE A.C.



IMTA
INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA
DEL AGUA

inifap
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias



ANUR
ASOCIACIÓN NACIONAL DE
USUARIOS DE RIEGO, A.C.



**UNIVERSIDAD
DE LOS MOCHIS**





Contenido

- Introducción
- Materiales y Métodos
- Resultados y Discusión
- Conclusiones y Recomendaciones





Introducción

Las técnicas que se están utilizando actualmente en algunos Distritos de Riego del país para la aplicación de láminas de lavado en procesos de recuperación de suelos fuertemente afectados por sales, no son las más convenientes por el desconocimiento que existe sobre otras alternativas con las que se pueden obtener mejores resultados.

En éste trabajo se dan algunas recomendaciones sobre el manejo del agua para el lavado de sales en un proceso de recuperación de suelos fuertemente afectados por sales, que tienen la finalidad de orientar a técnicos y usuarios de riego sobre alternativas ya probadas para aplicar con buena eficiencia láminas de lavado y así reducir los costos y tiempos de recuperación.

También se proponen otras estrategias no convencionales para el lavado parcial de excesos de sales en suelos fuertemente afectados, que son:

- El uso de aguas salinas para el lavado.
- El lavado superficial por escurrimiento en suelos con textura altamente arcillosa y con pendiente.



Materiales y Métodos

Los principales conceptos relacionados con el uso y manejo del agua para el lavado de sales en un proceso de recuperación de suelos, son:

- **Cómo aplicar las láminas de lavado.** Se refiere al método de riego a utilizar el cual debe cumplir tres principales propósitos para lograr una buena eficiencia de lavado, que son: que el agua se distribuya lo más uniforme posible, que permita aplicar láminas altas de lavado y que propicie un adecuado flujo vertical del agua con sales.
- **Cuanto aplicar de lámina total de lavado.** Se recomienda utilizar la fórmula empírica de Volobuyev ($L = \alpha \log (CE_i / CE_f)$). **El cuanto parcial y su fraccionamiento es la parte medular del presente trabajo.**
- **Cuando y cada cuando hacerlo.** Los intervalos de los lavados se han definido en base a que la segunda aplicación de las láminas parciales de lavado y las posteriores se realizan cuando se alcanza el contenido de humedad en el suelo que se conoce como “dar punto” o “dar piso”, es decir, cuando la humedad del suelo permite el paso de maquinaria agrícola. Esta condición de humedad depende tanto de la textura del suelo como del tamaño de la lámina parcial previa de agua aplicada.



Componentes de la lámina total de lavado

$$LTL = LPL + LAL$$

- **LTL = Lámina total de lavado (cm)**
- **LPL = Lámina pasiva de lavado (cm).** Su objetivo es crear condiciones de contenidos de humedad a capacidad de campo en un cierto espesor de suelo, por lo que ésta agua no participa en el lavado de las sales ya que se queda almacenada o retenida. Se calcula igual que la lámina convencional de riego con la siguiente fórmula: **$LPL = (cc - Ps) Da * Prof / 100$**
- **LAL = Lámina activa o real de lavado (cm).** Es la lámina de agua adicional que se requiere aplicar al suelo para superar el nivel de humedad a capacidad de campo, con la finalidad de propiciar el lavado o desplazamiento de las sales disueltas hacia estratos inferiores por efecto de la gravedad, que es la parte de la lámina total que realmente actúa y lleva a cabo el lavado de sales.



Resultados y discusión

- **Como aplicar los lavados**
- **Cuanto total y cuantos parciales o fraccionamiento de la lámina total de lavado**
- **Intervalos de aplicación**





Como aplicar los lavados.

Los métodos de riego más recomendables para aplicar los lavados de suelos con problemas de sales que cubren los propósitos fundamentales para lograr una adecuada eficiencia de aplicación, son los de gravedad por inundación total y dentro de ellos, el que permite distribuir más eficientemente el agua sobre la superficie del suelo y aplicar las mayores láminas de lavado es el de curvas a nivel, que es el que se recomienda para los procesos de recuperación de suelos afectados por sales.

Se sugiere lo siguiente:

- a. Que el desnivel entre los bordos contiguos sea preferentemente de entre 1 y 3 cm y un máximo de 5 cm.
- b. Que la altura de los bordos sea lo mayor posible (de 20 a 35 cm), para que se tenga un tirante máximo del agua dentro de las melgas de 15 a 30 cm.
- c. Que el área interior de cada melga o bolsa no rebase 0.75 de ha.



Cuanto total y cuantos parciales o fraccionamiento de la lámina total de lavado (1)

- En un estudio realizado en 1977 en el Distrito de Riego 041 del Río Yaqui, Sonora, para **evaluar diferentes tamaños de fraccionamientos de una lámina total de lavado**, se calculó la lámina total de lavado con la fórmula de Volobúyev para una parcela abandonada por sales que tenía una salinidad inicial promedio de 85 dS/m que se determinó reducirla a 5 dS/m, la cual resultó de **150.1 cm (LTL)**.
- Se evaluaron 5 tratamientos o diferentes tamaños de Láminas activas o reales de lavado (**LAL**), definidas en múltiplos de 3 en 3 cm que fueron 3, 6, 9, 12 y 15, a las cuáles se les adicionó al valor de Lámina pasiva de lavado (**LPL**).
- El valor de la Lámina pasiva de lavado (**LPL**) calculada para una profundidad de 30 cm resultó igual a 5.2 cm.



Cuanto total y cuantos parciales o fraccionamiento de la lámina total de lavado (2)

Los 5 tratamientos o cuantos parciales de la lámina total de lavado o diferentes láminas activas o reales parciales de lavado (LAL_i) evaluadas fueron:

1. Tratamiento A = $LPL + LAL_A = 5.2 + 3 = \underline{8.2 \text{ cm}}$
2. Tratamiento B = $LPL + LAL_B = 5.2 + 6 = \underline{11.2 \text{ cm}}$
3. Tratamiento C = $LPL + LAL_C = 5.2 + 9 = \underline{14.2 \text{ cm}}$
4. Tratamiento D = $LPL + LAL_D = 5.2 + 12 = \underline{17.2 \text{ cm}}$
5. Tratamiento E = $LPL + LAL_E = 5.2 + 15 = \underline{20.2 \text{ cm}}$

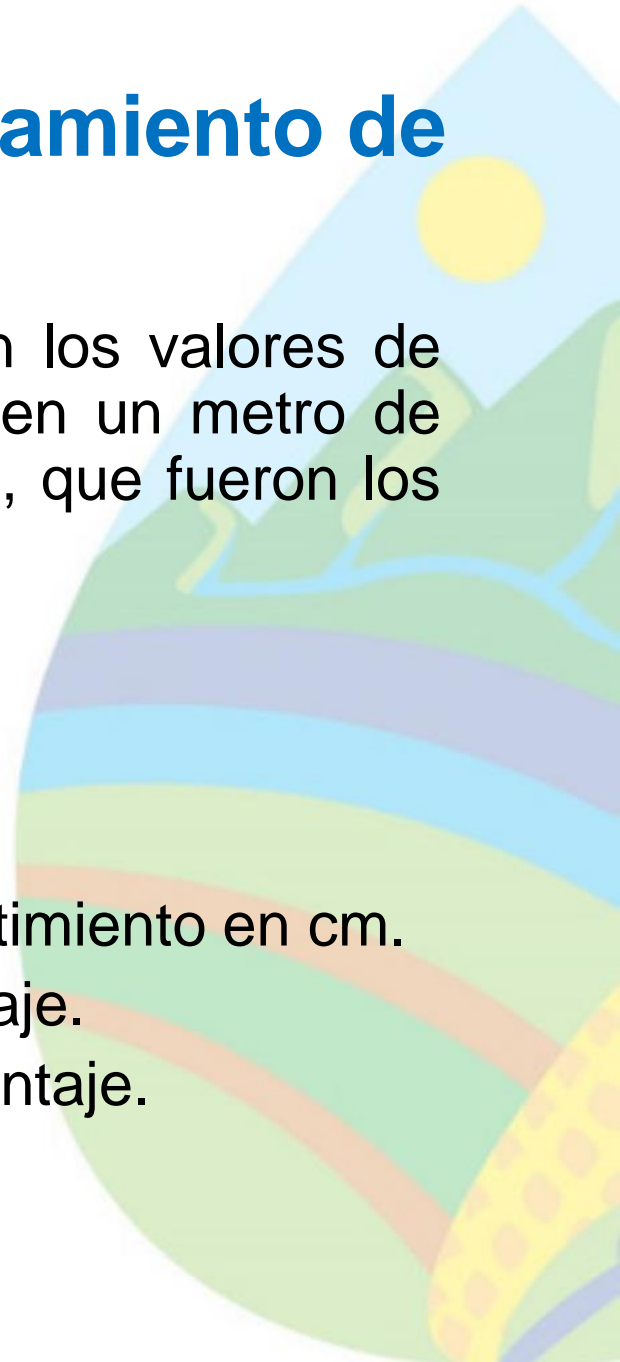
Durante todo el proceso se realizaron muestreos compuestos de los suelos antes y después de la aplicación de cada lámina de lavado, y los análisis físicos y químicos correspondientes de cada muestra.



Cuanto total y cuantos parciales o fraccionamiento de la lámina total de lavado (3)

Con los resultados obtenidos se elaboraron tres cuadros con los valores de varios factores para alcanzar diferentes niveles de salinidad en un metro de espesor de suelo, correspondientes a 5, 10 y 20 dS/m de CE, que fueron los siguientes:

- Valor final promedio de C. E. en dS/m.
- LPL, lámina pasiva de lavado en cm.
- LAL, lámina activa de lavado en cm.
- LTL, lámina total de lavado requerida para lograr el abatimiento en cm.
- La eficiencia total de lavado para cada caso en porcentaje.
- La eficiencia parcial de lavado para cada caso en porcentaje.
- El número de aplicaciones realizadas.
- El tiempo requerido para lograrlo en días.



Cuanto total y cuantos parciales o fraccionamiento de la lámina total de lavado (4)

Resultados de la aplicación de diferentes fraccionamientos de la lámina total de lavado utilizada para disminuir de 85 a 5 dS/m la CE del suelo (reducción de 80).

FACTORES EVALUADOS	TRATAMIENTOS					MEDIA 85 a 5
	A	B	C	D	E	
Valor final promedio de C. E.	5.34	4.59	5.29	3.5	4.03	4.55
LPL = Lámina pasiva de lavado (cm)	67.5	57.7	56.5	51.5	46.3	55.8
LAL = Lámina activa de lavado (cm)	39.0	66.0	99.0	120.0	135.0	91.8
LTL = Lámina total de lavado (cm)	107	124	156	172	181	147.6
Eficiencia total de lavado=75/LT	70%	61%	48%	44%	41%	51%
Eficiencia parcial de lavado=75/LRL	192%	114%	76%	63%	56%	111%
No. de aplicaciones realizadas	13	11	11	10	9	10.8
Tiempo requerido (días)	183	143	143	129	115	125.8



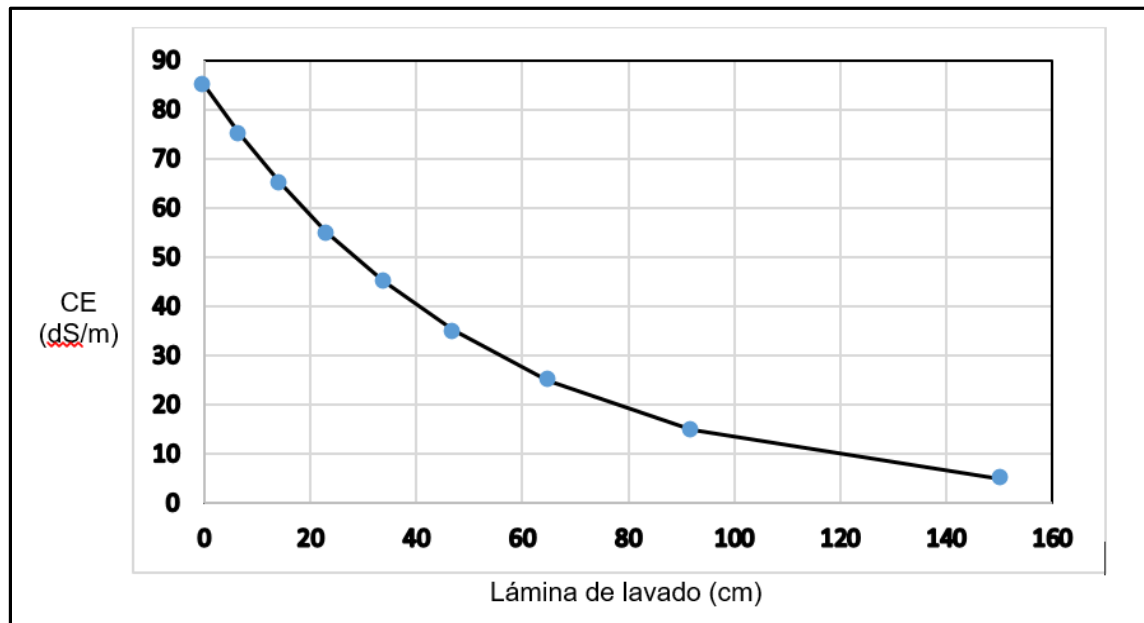
Cuanto total y cuantos parciales o fraccionamiento de la lámina total de lavado (5)

Resultados de la aplicación de diferentes fraccionamientos de la lámina total de lavado utilizadas para disminuir de 85 a 20 dS/m la CE del suelo (reducción de 65).

FACTORES EVALUADOS	TRATAMIENTOS					MEDIA	MEDIA	MEDIA
	A	B	C	D	E	85 a 20	85 a 10	85 a 5
Valor final promedio de C. E.	18.8	17.3	20.1	16.4	18.9	18.71	10.32	4.55
LPL = Lámina pasiva de lavado (cm)	37.7	36.7	30.9	30.9	30.9	34.05	46.5	55.8
LRL = Lámina activa de lavado (cm)	21	42	54	72	90	55.8	71.4	91.8
LT = Lámina total de lavado (cm)	58.7	78.7	84.9	103	121	89.2	115.7	147.6
Eficiencia total de lavado= $65/LT$	104%	80%	71%	62%	51%	69%	66%	51%
Eficiencia parcial de lavado= $65/LRL$	333%	167%	130%	97%	78%	182%	133%	111%
No. de aplicaciones realizadas	7	7	6	6	6	6.4	8.4	10.8
Tiempo requerido (días)	64	64	53	53	53	57.4	99.2	125.8

Comportamiento de la eficiencia total o general de lavado a través de todo el proceso.

La eficiencia de lavado no sigue la misma tendencia durante todo el proceso, ya que a medida que la salinidad en el suelo va disminuyendo la eficiencia general en el caso de todos los tratamientos se va reduciendo exponencialmente, puesto que se va requiriendo una mayor lámina de lavado para lixiviar una misma cantidad de sales. Esto se confirma con varios ejemplos numéricos de la fórmula de Volobuyev:



CE i (dS/m)	CE f (dS/m)	LTL		Eficiencia de lavado
		(cm)	%	
85	30	55.18	37	99.7%
30	5	94.93	63	26.3%
	Suma	150.11	100	
85	20	76.66	51	84.8%
20	5	73.45	49	20.4%
	Suma	150.11	100	
85	10	113.39	75	66.1%
10	5	36.73	25	13.6%
	Suma	150.11	100	
85	5	150.11	100	53.3%



Comportamiento de la eficiencia promedio de lavado obtenida con la primera y segunda lámina de lavado

Eficiencias de lavado promedio obtenidas con las dos primeras aplicaciones de láminas de lavado utilizadas en cada tratamiento.

NO. DE APLICACIÓN O LÁMINA	TRATAMIENTO					MEDIA	DIFERENCIA ENTRE TRAT. A Y TRATAM. E
	A	B	C	D	E		
Primera	205%	200%	190%	181%	180%	191%	25%
Segunda	125%	90%	79%	63%	50%	82%	75%

Para todos los tratamientos la primera lámina de lavado aplicada es 2.3 veces más eficiente en promedio que la segunda.

En la primera aplicación la diferencia entre las eficiencias de los tratamiento A y del E es de 25%, la cual se dispara a 75% en la segunda y es cuando las láminas pequeñas empieza a tener una mayor eficiencia que las grandes.



Comportamiento de la eficiencia promedio de lavado obtenida con la primera y segunda lámina de lavado 2

Esta poca diferencia en las eficiencias de la primera aplicación se puede deber a dos condiciones:

- La primera se debe a que al inicio del proceso **es cuando existen mayor cantidad de sales sea cual sea el valor de la CE**, lo que facilita y propicia una mayor solubilización de sales y su lavado.
- La segunda es que **el suelo está recién preparado físicamente**, por lo que es cuando presenta mejores condiciones de permeabilidad, lo que facilita el flujo del agua y el lavado de sales, ya que posteriormente en los lavados siguientes el suelo se reacomoda y se va compactando, modificándose negativamente las condiciones físicas de permeabilidad creadas inicialmente para el flujo interno de agua en el suelo.



Número de aplicaciones.

Entre menor sea la lámina de lavado se requiere un mayor número de aplicaciones de agua, lo que ocasiona mayores costos ocasionados por el pago a regadores.

Tiempo requerido.

El tiempo que se requiere para llevar a cabo todo un proceso de recuperación de suelos fuertemente afectados, depende principalmente del grado de salinidad inicial, del tamaño de cada lámina parcial de lavado, del tipo textural y de la metodología utilizada para los lavados.

En el estudio realizado fluctuó entre 183 días para el tratamiento A y 83 para el E, aunque en la práctica existen casos que pueden llegar a más de tres años. Además, a medida que avanza el proceso y hay menos sales se incrementa exponencialmente el tiempo requerido para desplazar una misma cantidad de sales. Por ejemplo, para alcanzar el nivel de 20 dS/m se necesita menos de la mitad de tiempo del requerido que para llegar hasta 5.



Definición del valor de salinidad a alcanzar

Al analizar el comportamiento de la eficiencia de lavado durante todo un proceso de recuperación y asociar esta información con el tiempo que se requiere para alcanzar valores bajos de salinidad, surgió la inquietud de definir la conveniencia técnica y económica de qué nivel de salinidad se debe alcanzar.

Se concluyó que es preferible fijar metas menos estrictas y combinarlas con otras alternativas más eficientes, rápidas y económicas como es la **introducción de un cultivo para complementar, acelerar y efficientar el proceso de recuperación, por lo que se recomienda que cuando durante el proceso de recuperación se alcancen valores de CE entre 20 y 30 dS/m, se suspendan los lavados y se prepare nuevamente el suelo para introducir el cultivo.**



Estrategia especial de uso de aguas salinas para lavado

Esta alternativa poco convencional se puede aplicar como un paso inicial para coadyuvar al proceso de recuperación y solo se podrá utilizar en los casos que cumplan las siguientes condicionantes:

1. Que se tenga una cierta disponibilidad de aguas salinas (de desecho u otras).
2. Que se pueda obtener el permiso correspondiente para disponer de ellas.
3. Que la parcela a recuperar y lavar esté cercana a la fuente de abastecimiento de las aguas salinas y sea factible conducir el agua a dicha parcela.
4. Que el costo de su aprovechamiento (bombeo y conducción), no sea igual o mayor a la de utilizar agua de riego de buena calidad.
5. Que la concentración del agua salina del dren sea cuando menos de 5 a 10 veces mayor que la concentración de sales de los suelos que se pretenden lavar.
6. Suspender el proceso cuando la CE del suelo tenga un valor de 3 a 4 veces menor a la CE del agua salina y continuarlo con el uso de aguas de buena calidad.



Estrategia especial de lavado superficial

Esta alternativa se puede aplicar como un paso inicial para coadyuvar al proceso de recuperación, pero solamente en suelos muy fuertemente afectados, muy arcillosos y con pendiente.

Consiste en realizar un único lavado superficial por escurrimiento sin llevar a cabo ninguna preparación física previa del suelo, aplicando gastos muy altos de agua a las melgas para que el agua avance rápidamente para inundarlas en el menor tiempo posible.

La finalidad es solubilizar la mayor cantidad posible de sales precipitadas que están sobre la superficie y reducir la infiltración del agua, para inmediatamente desalojar o drenar superficialmente el agua almacenada con sales en solución hacia canales construidos para ello y después hacia los drenes u algún otro reservorio el agua.

Después de éste único lavado superficial, se deberá proseguir con las prácticas físicas requeridas y las estrategias hidrotécnicas convencionales.



Conclusiones y recomendaciones

- **Método de riego.** Por inundación total en curvas a nivel.
- **Cuanto total a aplicar.** Calcularlo con la fórmula de Volobuyev.
- **Cuanto parcial en la primera lámina de lavado.** Debe ser la mayor cantidad posible (de 25 a 40 cm).
- **Cuanto parcial en las siguientes láminas de lavado.** Deben hacerse con la mínima cantidad que sea posible efectuar en condiciones prácticas especialmente cuando el costo del agua sea caro o existan limitantes de disponibilidad. Para tener un criterio de que decisión tomar, se recomienda realizar un análisis beneficio costo donde se involucren la disponibilidad y precio del agua en la región, las condiciones particulares de la parcela y las necesidades de tiempo del usuario.
- **Cuanto gasto aplicar.** Se recomienda que en todas las aplicaciones y especialmente en la primera, se utilicen gastos diferenciales, uno mayor al inicio para que el agua avance rápido por la melga y pueda cubrir toda su área en el menor tiempo posible y un segundo gasto mucho menor que depende del tipo de suelo y la lámina a aplicar, con la finalidad de que el agua se infiltre más lentamente y esté más tiempo diluyendo las sales.



Conclusiones y recomendaciones

- **Cuándo aplicar las láminas parciales de lavado.** Los intervalos entre las aplicaciones de las láminas de lavado deberán hacerse lo más corto posible que las condiciones prácticas lo permitan.
- **Cuándo interrumpir el proceso de lavado.** Cuando se alcancen valores de CE entre 20 y 30 dS/m, se deberán suspender los lavados y preparar nuevamente el suelo para introducir un cultivo para complementar y efficientar el proceso de recuperación.
- **Uso de aguas salinas para realizar procesos parciales de recuperación.** Si existe disponibilidad de ellas, en suelos fuertemente afectados por sales se recomienda utilizarlas para realizar procesos parciales de recuperación.
- **Lavado superficial por escurrimiento.** Se recomienda que en aquellos suelos altamente arcillosos y fuertemente afectados por sales, se realice un lavado superficial por escurrimiento y después seguir con el procedimiento convencional.
- **Seguimiento.** Se recomienda llevar a cabo un seguimiento continuo y detallado del avance de cada proceso de recuperación, con la finalidad de ir haciendo adecuaciones puntuales a través de todo el proceso de recuperación.

GRACIAS



Enseñar la explotación de la tierra,
no la del hombre



Quinto
Congreso Nacional
de Riego y Drenaje
COMEII-AURPAES 2019

Septiembre 2019 | Mazatlán, Sinaloa



AURPAES, S.C.
Asociación Nacional de Asociaciones de Usuarios de Riego
Productores Agrícolas del Estado de Sinaloa S.C.

Contacto

FÉLIX ALBERTO LLERENA VILLALPANDO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

f.allerenav@gmail.com

allerena@correo.chapingo.mx

