



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas
Postgrado en Hidrociencias, Campus Montecillo
Montecillo, Estado de México, MÉXICO



IV WINOTEC
Workshop Internacional
de Inovações Tecnológicas
na Irrigação

PROBLEMAS DE DRENAJE Y SALINIDAD EN LOS DISTRITOS DE RIEGO DE MÉXICO: PANORÁMICA (DRAINAGE AND SALINITY PROBLEMS IN THE MEXICAN IRRIGATION DISTRICTS: AN OVERVIEW)

Óscar Luis Palacios-Vélez

**Postgrado de Hidrociencias, Campus Montecillo del
Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas
México**

Mayo de 2012

Vertedor de la presa Adolfo Ruiz Cortines, Río Mayo, Navojoa, Sonora, México



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas
Postgrado en Hidrociencias, Campus Montecillo
Montecillo, Estado de México, MÉXICO



IV WINOTEC
Workshop Internacional
de Inovações Tecnológicas
na Irrigação

CONTENIDO:

- 1) INTRODUCCIÓN (POR QUÉ ES NECESARIO EL RIEGO EN MÉXICO)**
- 2) FECHAS IMPORTANTES EN LA TECNIFICACIÓN DEL RIEGO EN MÉXICO**
- 3) MONITOREO DE NIVELES FREÁTICOS Y SALINIDAD DE LOS SUELOS**
 - ❖ Estudios freaticimétricos,
 - ❖ Estudios de salinidad de suelos,
- 4) SITUACIÓN ACTUAL (2012) DE LOS ESTUDIOS DE DRENAJE Y SALINIDAD**
- 5) CONCLUSIONES**



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas
Postgrado en Hidrociencias, Campus Montecillo
Montecillo, Estado de México, MÉXICO



IV WINOTEC
Workshop Internacional
de Inovações Tecnológicas
na Irrigação

1) INTRODUCCIÓN

Disponibilidad anual de agua por habitante en algunos países del mundo

No. De orden (mundial)	País	Precip. Media anual	Disponi- bilidad total anual	Disponibilidad per capita
		(mm)	(m ³ × 10 ⁹)	(m ³ /hab/año)
9	Canadá	537	2.902	93.549
14	Perú	1,738	1,913	69,446
20	Colombia	2,612	2,132	46,302
25	Brasil	1,782	8,233	44,081
32	Federación Rusa	460	4,406	30,386
62	Estados Unidos	715	3,051	10,293
89	México	760	458	4,312
101	Francia	867	204	3,320
107	Turquía	593	214	2,891
129	Alemania	700	154	1,870
155	Egipto	51	57	715



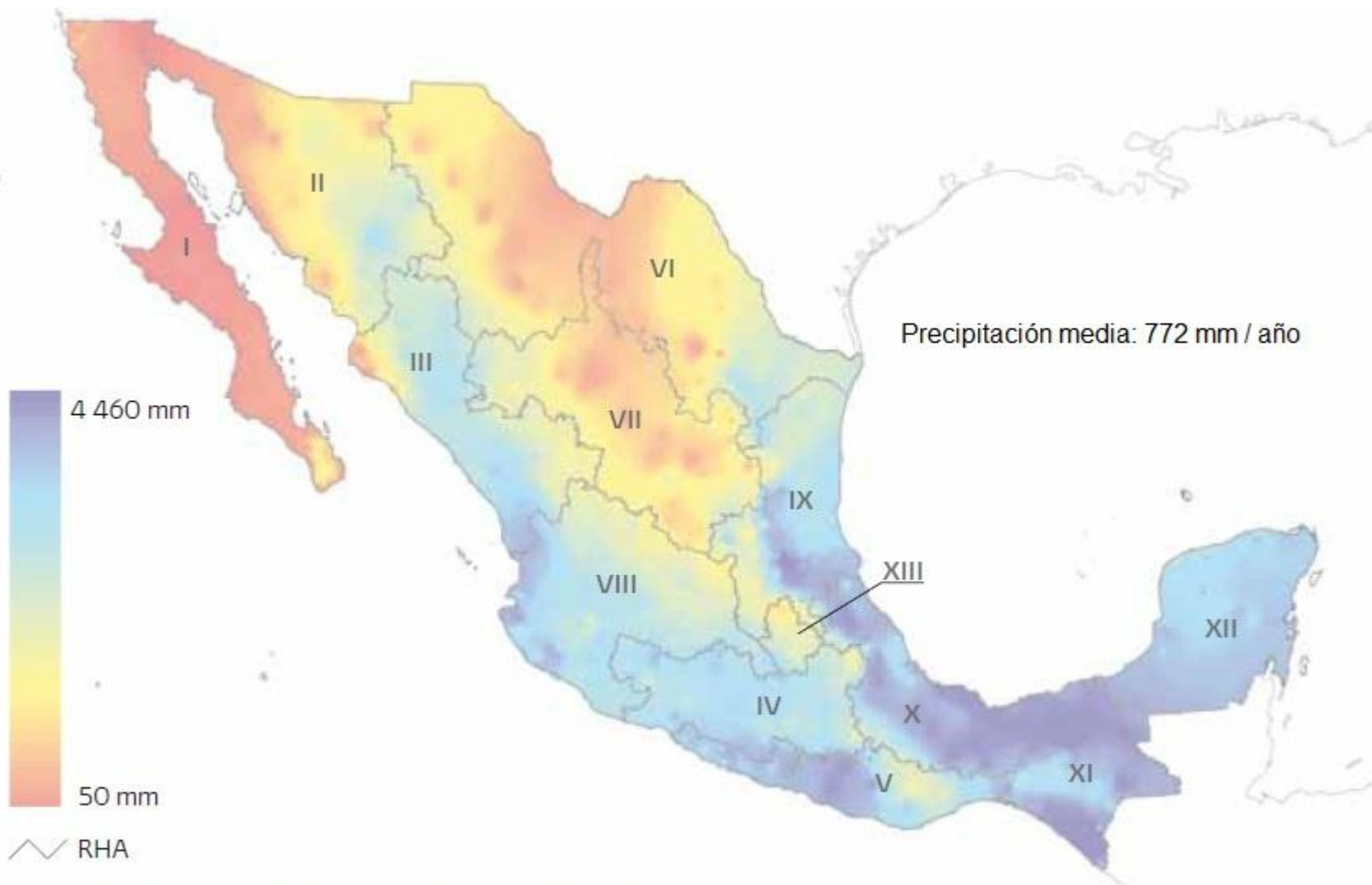
COLEGIO DE POSTGRADUADOS

Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas
Postgrado en Hidrociencias, Campus Montecillo
Montecillo, Estado de México, MÉXICO



IV WINOTEC

Workshop Internacional
de Inovações Tecnológicas
na Irrigação



Fuente: Conagua. Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional. 2010.



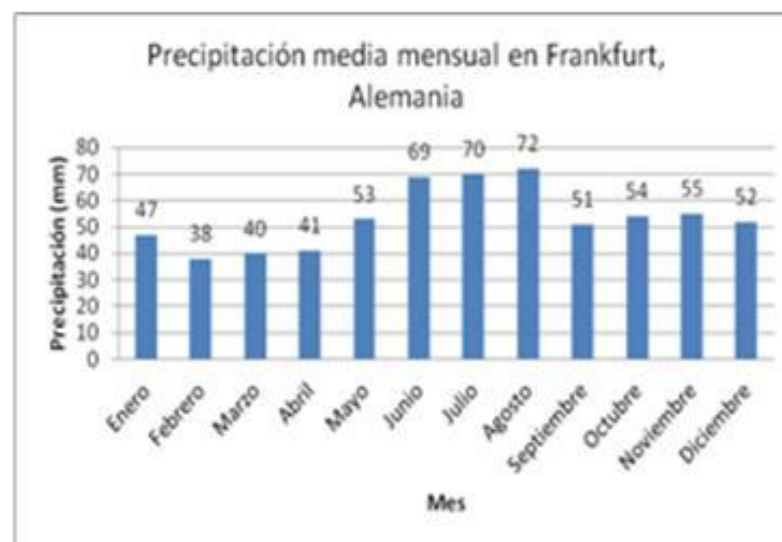
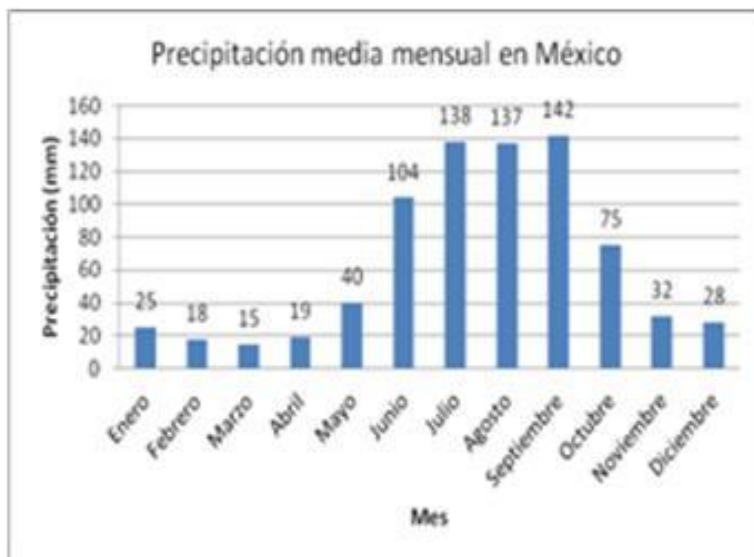
COLEGIO DE POSTGRADUADOS

Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas
Postgrado en Hidrociencias, Campus Montecillo
Montecillo, Estado de México, MÉXICO



IV WINOTEC
Workshop Internacional
de Inovações Tecnológicas
na Irrigação

Distribución temporal de la lluvia media mensual en México y Alemania





COLEGIO DE POSTGRADUADOS
Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas
Postgrado en Hidrociencias, Campus Montecillo
Montecillo, Estado de México, MÉXICO



IV WINOTEC
Workshop Internacional
de Inovações Tecnológicas
na Irrigação

RESUMEN DE LA OBRA HIDRÁULICA CONSTRUIDA HASTA EL AÑO 2011:

4 462 presas y bordos de almacenamiento,

6.46×10^6 ha bajo riego,
(3.5×10^6 ha en 85 grandes
distritos de riego y 2.9×10^6
ha en >39,000 pequeñas
unidades de riego),

60 km^3 /año de aguas
utilizadas en el riego, (20
 km^3 /año del subsuelo)

631 plantas
potabilizadoras de agua,

2029 plantas de tratamiento de
aguas residuales municipales y
2186 industriales,

3 000 km of acueductos.





COLEGIO DE POSTGRADUADOS
Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas
Postgrado en Hidrociencias, Campus Montecillo
Montecillo, Estado de México, MÉXICO



IV WINOTEC
Workshop Internacional
de Inovações Tecnológicas
na Irrigação

ALGUNOS DE LOS PRINCIPALES RETOS DE LA IRRIGACIÓN EN MÉXICO:

- 1) La carencia de una conciencia relativa al valor actual del agua,**
- 2) La urgencia de manejar más eficientemente los escasos recursos hídricos, (en el campo y en la ciudad, disminuyendo o eliminando subsidios),**
- 3) El sobre-concesionamiento de los escurrimientos superficiales; además no se está respetando el caudal ecológico, y los ríos se están contaminando con las descargas de aguas residuales urbanas sin ningún tratamiento, así como de aguas excedentes de riego contaminadas por diferentes agroquímicos (notablemente fertilizantes nitrogenados),**
- 4) La sobre-explotación de muchos acuíferos, ya que no se respetan las vedas y se tienen muchos pozos clandestinos de bombeo, tanto para uso agrícola, como para otros usos,**
- 5) El ensalitramiento de los suelos irrigados que reduce la productividad agrícola, por la elevación de los mantos freáticos y por el uso de aguas con altos contenidos de sales solubles.**



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas
Postgrado en Hidrociencias, Campus Montecillo
Montecillo, Estado de México, MÉXICO



IV WINOTEC
Workshop Internacional
de Inovações Tecnológicas
na Irrigação

2) FECHAS IMPORTANTES EN LA TECNIFICACIÓN DEL RIEGO EN MÉXICO

INICIO FORMAL DE LA TECNIFICACIÓN DEL RIEGO, CON LA CREACIÓN DE LAS **OFICINAS DE INGENIERÍA DE RIEGO Y DRENAJE (IDRYD)** EN LOS PRINCIPALES DISTRITOS DE RIEGO DEL PAÍS.

1962

ESTABLECIMIENTO DEL “**PLAN DE MEJORAMIENTO PARCELARIO**”, MEJOR CONOCIDO POR SUS SIGLAS “**PLAMEPA**”, PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TECNOLOGÍA AGRÍCOLA Y DE RIEGO, EL AHORRO DEL AGUA, MONITOREO DE NIVELES FREÁTICOS Y MAPEO DE SUELOS SALINOS.

1967

PRÉSTAMO DEL BID POR ALREDEDOR DE 50 MILLONES DE DÓLARES PARA TECNIFICAR EL RIEGO EN MÁS DE 1 MILLÓN DE ha, PARA INSTALAR ESTRUCTURAS AFORADORAS, REVESTIR CANALES, CAPACITAR PERSONAL, ESTUDIOS DE DRENAJE Y SALINIDAD, ETC.

1972-1977

REDUCCIÓN PAULATINA DE LOS APOYOS GUBERNAMENTALES, HASTA LA **DESAPARICIÓN DE LAS OFICINAS DE IDRYD** DESPUÉS DE LA TRANSFERENCIA DE LOS DISTRITOS DE RIEGO A LOS USUARIOS **EN LOS AÑOS 90 DEL SIGLO PASADO.**

**Desde
1982**



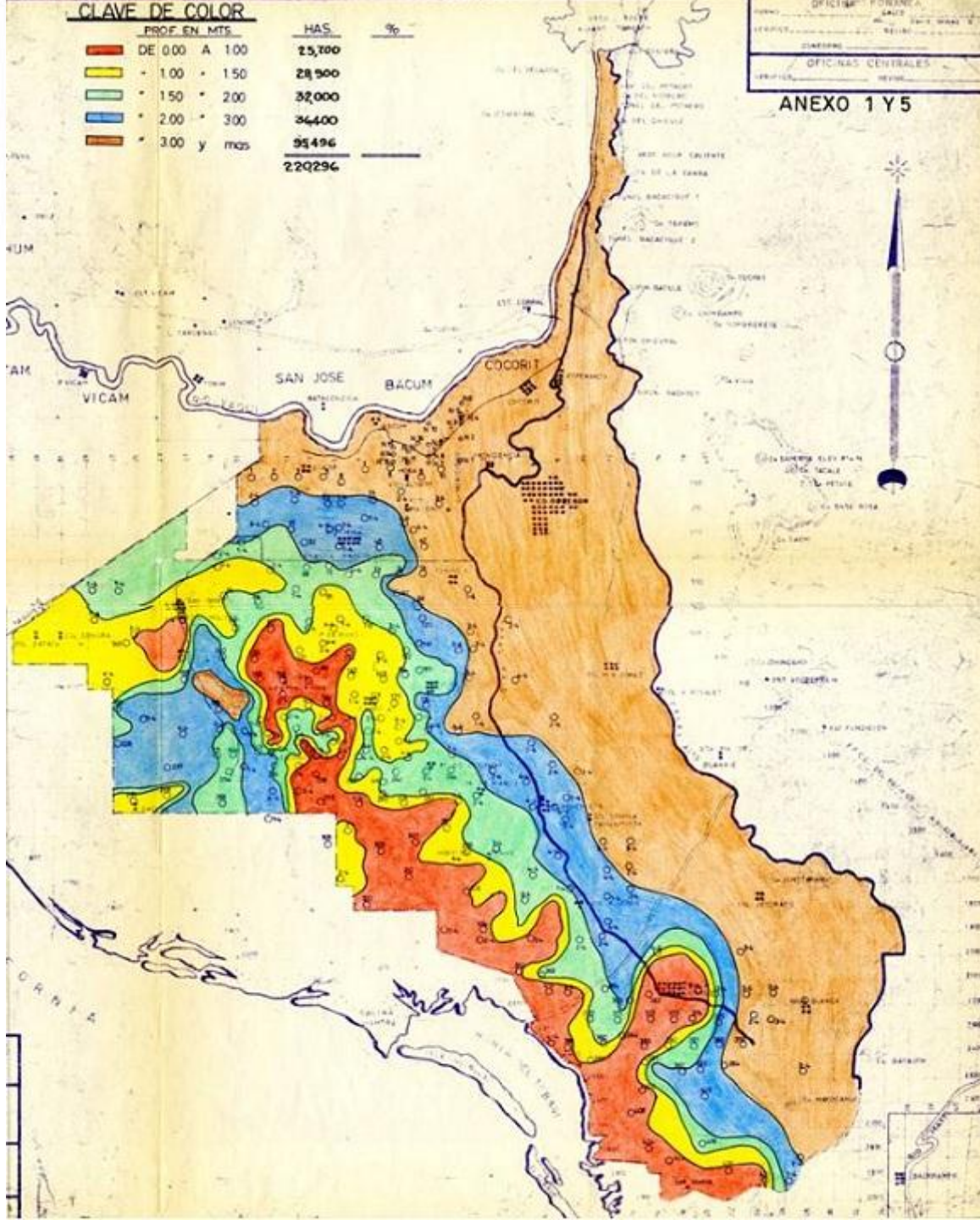
COLEGIO DE POSTGRADUADOS
Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas
Postgrado en Hidrociencias, Campus Montecillo
Montecillo, Estado de México, MÉXICO



IV WINOTEC
Workshop Internacional
de Inovações Tecnológicas
na Irrigação

Estudios freatimétricos

- Red de pozos de observación del nivel freático de 3 m de profundidad, ademados con tubería de PVC de 2"Ø,
- Un pozo por cada 100-400 ha (de 1 a 2 km de equidistancia),
- De 4 a 12 mediciones anuales de la profundidad del nivel freático, (según personal y presupuesto disponible),
- Elaboración de tres tipos principales de gráficas:
 - ✓ Mapas de líneas de igual profundidad del nivel freático (isobatas),
 - ✓ Mapas de líneas de igual elevación del nivel freático (isobaras),
 - ✓ Gráficas "áreas-tiempo".



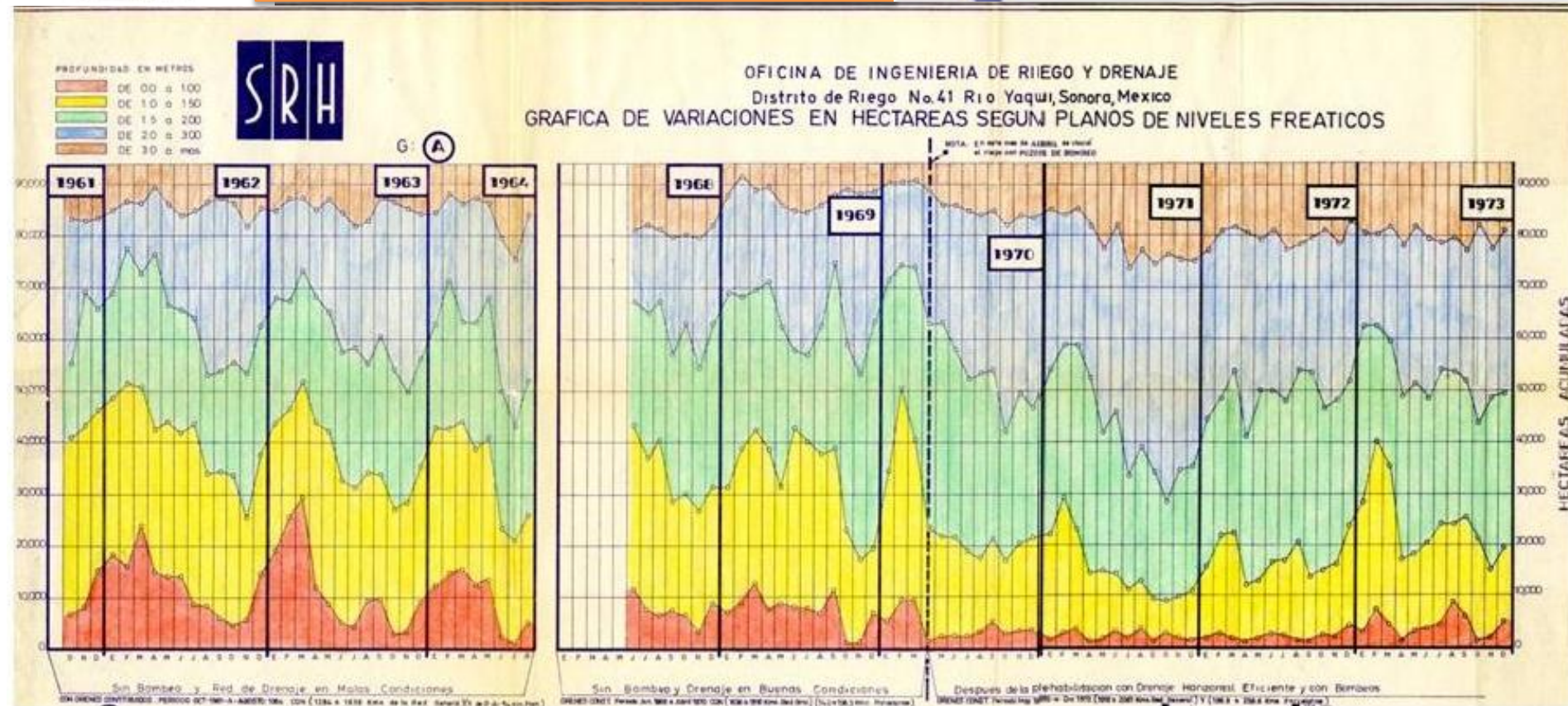
Detalle de un mapa de isobatas del distrito de riego No. 41, Río Yaqui, Son. Las áreas sombreadas con color rojo son la que tienen los niveles freáticos más someros.



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas
Postgrado en Hidrociencias, Campus Montecillo
Montecillo, Estado de México, MÉXICO



IV WINOTEC
Workshop Internacional
de Inovações Tecnológicas
na Irrigação



Detalle de una gráfica “áreas-tiempo” del distrito de riego No. 41, Río Yaqui, Son. , donde se aprecia la variación de las áreas con diferente rango de profundidad del nivel freático..



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas
Postgrado en Hidrociencias, Campus Montecillo
Montecillo, Estado de México, MÉXICO



IV WINOTEC
Workshop Internacional
de Inovações Tecnológicas
na Irrigação

Estudios de salinidad de suelos

Mapas de “**salinidad aparente**”, elaborados bajo el supuesto de que la salinidad era el principal factor que reducía los rendimientos de los cultivos. En estos mapas se diferenciaban 4 tipos de afectación salina:

- ✓ Sin afectación salina,
- ✓ Ligeramente afectado, (con reducción del 10 al 15 % del rendimiento medio)
- ✓ Medianamente afectado (con reducción del 15 al 30 % del rendimiento medio) y
- ✓ Fuertemente afectado (con reducción de más del 30 % del rendimiento medio).

Para 1964 se estimaba que en los distritos de riego de Culiacán, Rio Fuerte, Río Mayo y Rio Yaqui), con una superficie total de 610,701 ha, el 36% de sus tierras (218,495 ha) presentaban algún tipo de afectación salina (Amaya Brondo y Robles Espinosa, 1964).

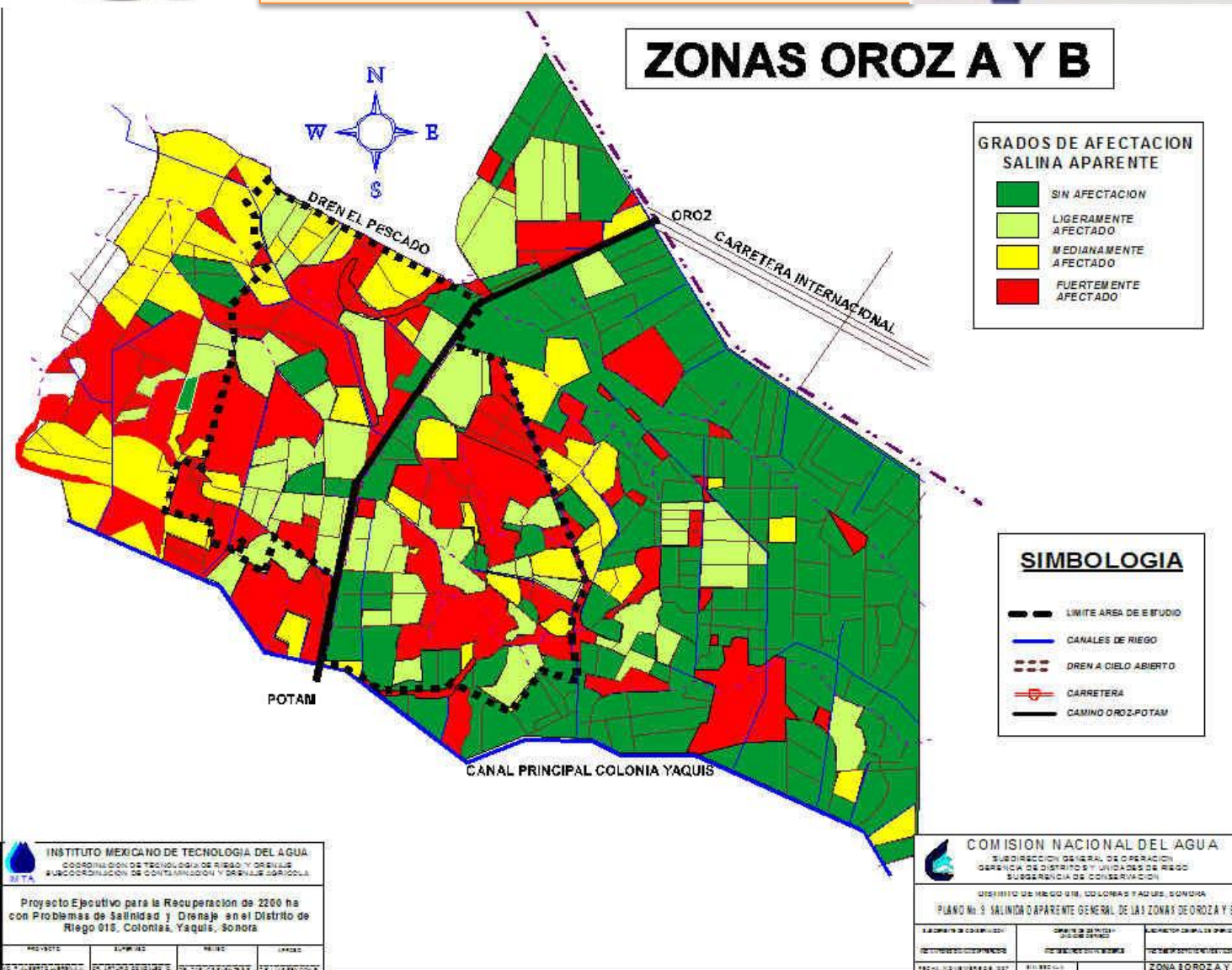


COLEGIO DE POSTGRADUADOS
Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas
Postgrado en Hidrociencias, Campus Montecillo
Montecillo, Estado de México, MÉXICO



IV WINOTEC
Workshop Internacional
de Inovações Tecnológicas
na Irrigação

ZONAS OROZ A Y B



Mapa de
“salinidad
aparente” de un
grupo de
parcelas de
2,200 ha en el
Distrito de Riego
No. 018,
Colonias Yaquis,
Son.



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas
Postgrado en Hidrociencias, Campus Montecillo
Montecillo, Estado de México, MÉXICO



IV WINOTEC
Workshop Internacional
de Inovações Tecnológicas
na Irrigação

Estudios de salinidad de suelos

Los “*mapas de salinidad analizada*” se elaboraban mediante el muestreo de varias capas de suelo (típicamente: 0-30 cm, 30-60, 60-90, 90-150, 150-210 y 210-300 cm) y determinando no solo la conductividad eléctrica del extracto de saturación, sino también los principales iones y cationes.

Hacia mediados del siglo pasado la definición de la salinidad o alcalinidad de un suelo se realizaba de acuerdo con el Manual 60 “Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos”, del Laboratorio de Salinidad del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América.

Se diferenciaban cuatro grandes grupos de suelos en función de dos parámetros: la conductividad eléctrica (CE) del extracto de saturación del suelo, según fuera mayor o menor de 4 mmho/cm y la “relación de adsorción de sodio” (RAS), según fuera menor o mayor de 15%.



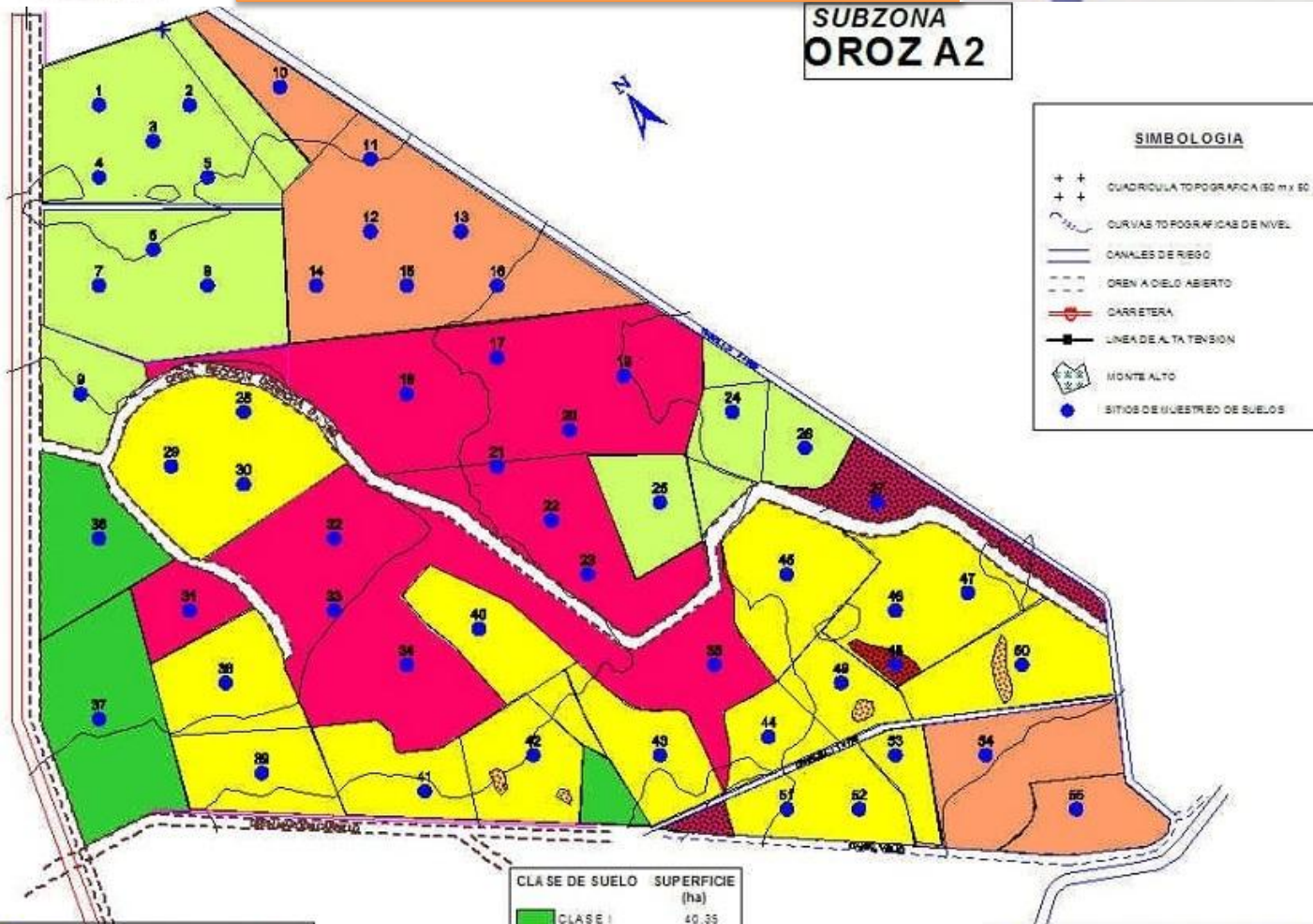
COLEGIO DE POSTGRADUADOS

Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas
Postgrado en Hidrociencias, Campus Montecillo
Montecillo, Estado de México, MÉXICO



IV WINOTEC
Workshop Internacional
de Inovações Tecnológicas
na Irrigação

SUBZONA OROZ A2



CLASE DE SUELO	SUPERFICIE (ha)
CLASE I	40.35
CLASE II	84.86
CLASE III	139.84
CLASE IV	56.79
CLASE V	129.96
TOTAL	461.00

COMISION NACIONAL DEL AGUA		
SUBDIRECCION GENERAL DE OPERACION		
GERENCIA DE DISTRITOS Y UNIDADES DE REGO		
SUBDIRECCION DE COORDINACION		
DISTRITO DE REGO 018, COLONIAS YAQUIS, SONORA		
PLANO No. 0A27, CLASIFICACION DETALLADA		
ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR
FECHA DE ELABORACION	FECHA DE REVISION	FECHA DE APROBACION
15/05/2010	15/05/2010	15/05/2010

Ejemplo de mapa se salinidad analizada para un área del distrito de riego de Colonias Yaquis, Son. En el área afectada, de 461 ha, se tomaron muestras de suelo en 55 sitios, (un sitio por cada 8.38 ha).



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas
Postgrado en Hidrociencias, Campus Montecillo
Montecillo, Estado de México, MÉXICO



IV WINOTEC
Workshop Internacional
de Inovações Tecnológicas
na Irrigação

Estudios de salinidad de suelos

Dado lo drástico de la clasificación de suelos salinos del Manual 60, se establecieron otras clasificaciones Así, De la Peña establece las siguientes clases de suelos por lo que respecta a la salinidad (Llerena, 2011):

- a) Primera clase, menor de 4 mmho/cm (sin afectación salina).
- b) Segunda clase, de 4 a 8 mmho/cm (ligeramente afectado).
- c) Tercera clase, de 8 a 12 mmho/cm (medianamente afectado).
- d) Cuarta clase, de 12 a 20 mmho/cm (fuertemente afectado).
- e) Quinta clase, mayor de 20 mmho/cm (muy fuertemente afectado).

31 12 2004



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas
Postgrado en Hidrociencias, Campus Montecillo
Montecillo, Estado de México, MÉXICO



IV WINOTEC
Workshop Internacional
de Inovações Tecnológicas
na Irrigação

Estudios de salinidad de suelos:

Algunos de los principales problemas a que se enfrenta la cartografía de suelos salinos, dada la gran variabilidad que se observa a diferentes escalas, son:

- ✓ Definir una densidad apropiada de muestreo según la escala del estudio,
- ✓ Definir el tipo de mapa y el método de interpolación más preciso, para elaboración de mapas,
- ✓ Definir el semi-variograma experimental y el modelo teórico cuando se utiliza interpolación por el método de Kriging



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas
Postgrado en Hidrociencias, Campus Montecillo
Montecillo, Estado de México, MÉXICO



IV WINOTEC
Workshop Internacional
de Inovações Tecnológicas
na Irrigação

4) SITUACIÓN ACTUAL (2012) DE LOS ESTUDIOS DE DRENAJE Y SALINIDAD

Durante la administración del presidente Salinas de Gortari (1988-1994) tuvo lugar **el cambio cualitativo más significativo en el desarrollo de la irrigación en México**: la transferencia (privatización) de los distritos de riego a las asociaciones de usuarios de riego. La CONAGUA retuvo únicamente la gestión de las presas.

Durante la administración del presidente Fox (2001-2006) se implementó un programa de “retiro voluntario” del personal de los disminuidos distritos de riego y la CONAGUA perdió buena parte de su personal técnico de mayor experiencia, lo que se dejó sentir desfavorablemente en la cantidad y calidad de la información hidrométrica, estadística, agroclimatológica, de producción, etc. que se genera en los distritos de riego y que es fundamental para su planeación, operación y conservación.



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas
Postgrado en Hidrociencias, Campus Montecillo
Montecillo, Estado de México, MÉXICO



IV WINOTEC
Workshop Internacional
de Inovações Tecnológicas
na Irrigação

4) SITUACIÓN ACTUAL (2012) DE LOS ESTUDIOS DE DRENAJE Y SALINIDAD

Desde finales de los años 80 del siglo pasado prácticamente dejaron de elaborarse los mapas freaticos y de salinidad de suelos, de tal manera que no es posible hacer una valoración precisa de la situación que en este aspecto se tiene actualmente en los distritos de riego del país.

No obstante esto, se pueden hacer las siguientes observaciones, a manera de :



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas
Postgrado en Hidrociencias, Campus Montecillo
Montecillo, Estado de México, MÉXICO



IV WINOTEC
Workshop Internacional
de Inovações Tecnológicas
na Irrigação

5) CONCLUSIONES:

1) En la medida que ha venido aumentando de manera generalizada la extracción de aguas subterráneas, tanto con fines agrícolas, como de otros usos, es posible afirmar que en muchos distritos de riego los niveles freáticos se han venido abatiendo, con una mejora relativa de las condiciones de salinidad de los suelos.

2) Por lo que respecta a la salinidad de suelos en realidad nunca se ha intentado hacer una cuantificación o mapeo general de las áreas con diferente grado de afectación. Llerena (2011) es probablemente quien ha logrado resumir de manera más general la escasa información existente, señalando que en el país existen alrededor de 650,000 ha con algún grado afectación salina, lo que equivale a un 10 % de la superficie de riego del país, cifra similar a la que se reporta en otros países, como 12.8 % en China, o 11.9 % en la India.



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas
Postgrado en Hidrociencias, Campus Montecillo
Montecillo, Estado de México, MÉXICO



IV WINOTEC
Workshop Internacional
de Inovações Tecnológicas
na Irrigação

5) CONCLUSIONES:

3) Por lo que respecta a la utilización de drenaje subterráneo entubado, que es una de las medidas más efectivas para abatir mantos freáticos y propiciar el lavado y recuperación de suelos ensalitrados, en el país solo se ha instalado este tipo de drenaje en aproximadamente 60,000 ha; es decir en tan solo el 1 % del área del riego del país.

4) Finalmente, cuando en un futuro, esperamos que cercano, se lleguen a reiniciar estudios de monitoreo de los niveles freáticos la actual tecnología de medición y transmisión de niveles de agua, así como los sistemas de información geográfica facilitarán enormemente la elaboración de mapas y gráficas. Igualmente, el uso de sensores electromagnéticos de la salinidad del suelo, como el EM-38, van a facilitar los estudios de monitoreo de la salinidad del suelo, ya que evitarán el costoso y largo proceso de tomar las muestras de suelo en campo, para luego tener que hacer laboriosos y tardados análisis químicos.



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas
Postgrado en Hidrociencias, Campus Montecillo
Montecillo, Estado de México, MÉXICO



IV WINOTEC
Workshop Internacional
de Inovações Tecnológicas
na Irrigação



Muito obrigado para sua atenção!