

**ESTUDIO DE LA SALINIDAD EN LOS SUELOS
DEDICADOS AL CULTIVO DEL ARROZ EN LA LLANURA
SUR DE PINAR DEL RIO**

**ÉTUDE DE LA SALINITÉ DES SOLS
DESTINÉS A LA CULTURE DU RIZ DANS LA PLAINE
SUD DE PINAR DEL RIO**

N. J. MARTIN ALONSO

RESUMEN

Se desarrolló un estudio de la salinidad en la Llanura Sur de la provincia de Pinar del Río, analizándose el contenido de sales existentes en los suelos a diferente altitud sobre el nivel del mar, encontrándose que el tipo de sales predominante es la cloruro sódica y el grado de salinidad se valoró de débilmente salinizado, también se analizó la calidad del agua de los pozos y presas que se utilizan para el riego, valorándose de no aptas las aguas de los pozos por su alta concentración de sales.

RÉSUMÉ

On a étudié la salinité dans la plaine sud de la province de Pinar del Río en analysant la teneur en sels des sols à différentes altitudes au dessus du niveau de la mer. On a observé que le type de sels prédominants était le chlorure de sodium et que le degré de salinité était jugé faible. On a également analysé la qualité de l'eau des puits et des barrages utilisée pour l'irrigation ; il s'est avéré que les eaux des puits étaient de mauvaise qualité en raison de leur concentration élevée en sels.

INTRODUCCION

La agricultura constituye una de las principales fuentes de desarrollo y progreso de la sociedad y es el suelo un medio fundamental e imprescindible de la producción agrícola y por tanto cada vez más se incorpora a la esfera de la actividad económica.

Uno de los problemas que afecta el proceso de producción en la agricultura contemporánea lo constituye la salinización de los suelos, especialmente en las áreas arroceras sometidas a riego.

En Cuba existen diversos tipos de suelos caracterizados por poseer distintos grados de fertilidad y utilización agrícola.

En el Informe Central del Primer Congreso del Partido Comunista de Cuba, el Primer Secretario del Comité Central del Partido y Comandante en Jefe Fidel Castro, (1975), señaló que nuestra tierra cultivable asciende a 7 097,838 ha de las cuales 187,600 ha están utilizadas en las áreas arroceras. Manifestó además, que debido a edificaciones, vías e instalaciones industriales se reduce la superficie disponible, además la población ha crecido, siendo el per cápita actual de 0,76 ha de tierra cultivable por habitante. Esto nos obliga, planteó, a cultivar hasta el último centímetro cuadrado de tierra y desarrollar una agricultura cada vez más técnica e intensiva.

El pueblo de Cuba es un alto consumidor de arroz; la producción nacional cubre el 40 % de la demanda, siendo necesario importar el resto.

La provincia de Pinar del Río tiene dedicada al cultivo del arroz aproximadamente 43,000 ha, ocupando así el segundo lugar nacional, lo que representa el 23 % (Babtzov y col. 1976). Debido a que las mayores extensiones del cultivo se encuentra próxima a las costas y en el riego se utilizan grandes cantidades de agua, esto hace necesario estudiar los problemas de salinidad que se producen a medida que el cultivo se intensifica.

Teniendo en cuenta esta necesidad se realizó un trabajo de investigación en las Granjas Arroceras ubicadas en la Llanura Sur de Pinar del Río con los siguientes objetivos:

- 1 Determinar el grado y tipo de salinidad predominante en los suelos de las granjas arroceras ubicadas en la Llanura Sur de Pinar del Río.
- 2 Determinar la composición mineralógica de las aguas que se utilizan para el riego.

CONDICIONES EXPERIMENTALES

Situación geográfica

El trabajo se desarrolló en las granjas situadas en los municipios de Candelaria, San Cristóbal, Los Palacios y Alonso Rojas, que se extienden a una altura que oscila de 0-40 m. sobre el nivel del mar a través de la Llanura Sur de Pinar del Río. Ubicadas entre las coordenadas $22^{\circ} 15'$ de latitud Norte y $82^{\circ} 30'$, de longitud Oeste. Las granjas sometidas a estudio que se encuentran en esta región tienen sus áreas dedicadas fundamentalmente al cultivo del arroz.

Precipitaciones

En la provincia de Pinar del Río se producen dos períodos de precipitaciones, uno lluvioso y otro de seca, durante todo el año. En la Tabla No.1 se señala que el período seco se produce de noviembre a abril y el período lluvioso de mayo a octubre, siendo la cantidad de lluvia en el período seco insuficiente para el desarrollo normal de los cultivos, Gagua y col. (1976).

Tabla No.1

Distribución mensual de las precipitaciones en la provincia de Pinar del Río. Tomado de Gagua y col. (1976).

Meses	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
mm.	54	45	50	69	162	248	159	190	194	161	55
cont.	XII		TOTAL								
	53		1,420								

De acuerdo a los datos aportados por el Instituto de Meteorología, (1976), el promedio de precipitación caída en la región del año 1967 a 1976 es de 1 460 mm. (Tabla No.2), sin embargo, en el año 1973 es de 1 209 mm. y en el año 1974 cuando se hace el primer muestreo de suelo es de 1 121 mm. que comparado con la media es bajo, pero en el año 1975 es de 1 333 mm. y en el año 1976 es de 1 627 aumentando las precipitaciones relativamente y por consiguiente el lavado de las sales.

Tabla No.2

Lluvia promedio caída en Pinar del Río durante los últimos 10 años. (Tomado del Instituto de Meteorología, 1976).

Año	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
mm.	1420	1498	1993	1367	1200	1757	1209	1121	1333	1627

Cont. Tabla No. 2

Promedio 1460 mm.

Evaporación

Davitaya y Trusov, (1965), señalan que la evaporación promedio en las llanuras de Cuba por año es de 900 mm. hasta un poco más de 950 mm. de lámina de agua.

Suelos

El Instituto de Suelos, (1975), clasifica los suelos de la región de estudio como Ferralíticos Cuarcíticos Amarillos Lixiviados, sub-tipos laterizado y gleyzoso y Gley Amari_llento Cuarcítico sub-tipo concrecionario y laterizado.

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

Para realizar este trabajo de investigación se proyectó tomar las muestras por granjas a diferentes altitudes sobre el nivel del mar, situando en cada posición altimétrica dos o más calicatas de acuerdo al interés del trabajo y las posibilidades (caminos, senderos, etc.).

Los perfiles de suelos se hicieron en las siguientes altitudes sobre el nivel del mar: 0-5, 5-10, 10-20 y 20-30 m., de acuerdo a la posición altimétrica de cada granja. Esto se hizo con el objetivo de encontrar si existe alguna variación en el contenido salino, a medida que variamos la altitud sobre el nivel del mar.

El establecimiento de las calas en cada altitud se hizo buscando uniformidad en el tipo de suelo de cada área, a igual profundidad con respecto al manto freático, semejante vegetación, topografía llana, etc., con el objetivo de que las calas hechas en cada altitud fueran representativas del área.

El número de calicatas a confeccionar se hizo de acuerdo a los parámetros propuestos por INRA, (1976), en los cuales se relacionó la escala de trabajo utilizada y el número de calicatas a efectuar por área.

Las calicatas se distribuyeron uniformemente por todas las áreas. Para la toma de muestras se abrió un perfil hasta alcanzar los tres horizontes genéticos. En el caso del horizonte C sólo se tomó la parte superior del mismo; en cada uno de ellos se tomó una muestra de suelo tratando de no mezclarlo con los horizontes subyacentes. En todas las muestras de suelo se determinó las sales solubles totales, las cuales poseen una vital importancia en la determinación del grado y tipo de salinización que se produce en los suelos, por ello se determinaron los iones CO_3H^- , Cl^- y SO_4^{2-} y los cationes Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^+ . Se determinó además conductividad eléctrica y pH del extracto. Los métodos utilizados para el análisis fueron los tradicionales recomendados por el U.S. Salinity Laboratory, (1954).

Se efectuaron en total 2 muestreos; el primero se realizó en los meses de julio a agosto de 1974 y el segundo se realizó en agosto de 1977. Se efectuaron estas tomas de muestras con tres años de intervalo, con el objetivo de determinar la evolución en el tiempo, es decir, si se produce la a cumulación o reducción de la misma. Se estudiaron también la calidad de las aguas de pozos, ríos y presas que se utilizan para el riego, para estudiar su influencia en la sali nización de los suelos.

RESULTADOS Y DISCUSION

El estudio de las sales solubles de los suelos existentes en la Llanura Sur de Pinar del Río, se realizó teniendo en consideración las diferentes altitudes sobre el nivel del mar, el contenido de aniones y cationes solubles, así como el mecanismo de salinización que se desarrolla en la parte superior del suelo en las áreas dedicadas al cultivo del a rroz y al pasto natural.

Estudio de la salinidad a la altitud de 0-5 m. sobre el ni vel del mar.

El estudio de las sales solubles totales en los suelos sembrados de arroz en el año 1974 se presenta en la Tabla No.3 Se encontró un predominio del anión cloruro en todos los ho rizontes genéticos del suelo, siguiendo en orden descendente el anión sulfato y el hidrógeno carbonato. Entre los ca tiones, el sodio es dominante en todos los horizontes gené ticos del suelo, seguido del calcio y el magnesio.

La cantidad de sodio y cloro predomina sobre el resto de los iones, siendo esto atribuible a la influencia del mar, a las altas evaporaciones que se producen y a la gran solubi lidad de estos iones, concordando estos criterios con Kissin y col., (1968) y Margulis y Simeón, (1976). En la Fig. No.1 se presenta la distribución de aniones y cationes a través del perfil del suelo, se denota una menor acumu lación de iones en el horizonte B, esto puede deberse al tras

lado de las sales hacia la superficie producida por las altas evaporaciones y a un lavado lateral del horizonte B que empobrece este horizonte en sales. En la misma figura se exponen las sales hipotéticas calculadas a partir de las sales solubles. Se muestra que las sales existentes en mayor cuantía se encuentran el cloruro de sodio y el sulfato de sodio, siendo la primera de mayor solubilidad que la segunda, Pauling, (1962).

Se determinó de acuerdo a la relación aniónica que el tipo de salinización es clorhídrica en los tres horizontes genéticos del perfil del suelo y por la relación de los cationes se considera cálcico sódica en todo el perfil del suelo

El grado de salinización se valora débilmente salinizado el horizonte A y C (parte superior 43-73 cm.) y no salinizado el horizonte B de acuerdo a los parámetros establecidos por Basilievich y Pankova, (1968).

La conductividad eléctrica en el horizonte A se valoró como muy ligeramente salina y los horizontes B y parte superior de C como no salinos de acuerdo a los parámetros establecidos por el U.S. Salinity Laboratory, (1954).

En la Tabla No.3 se muestran además las sales solubles existentes en los suelos cultivados de arroz en el año 1977.

Tabla No. 3

Contenido y comportamiento estadístico del promedio de sales solubles totales determinadas en los horizontes genéticos A-B y C en los años 1974 a la altitud de 0-5 m. sobre el nivel del mar

		ANIONES			CATIONES					
cm.		Miliequivalente / 100 g. de suelos						%	0	%
Hor.	Prof.	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ²⁻	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Suma	CE	SP
Cultivo: Arroz, Año: 1974										
A	0-20	1,05 a	0,37 a	0,09 a	0,66 a	0,55 a	0,26 a	0,086 a	3,41 a	37
B	20-43	0,47 b	0,24 b	0,01 b	0,37 b	0,23 b	0,14 b	0,043 b	1,47 b	46
C	43-70	1,25 c	0,19 b	0,02 b	0,92 c	0,45 c	0,12 b	0,085 a	1,75 b	76
Cultivo: Arroz, Año: 1977										
A	0-20	0,85 a	0,09 a	0,15 a	0,70 a	0,22 a	0,07	0,064 a	3,31 a	39
B	20-43	0,49 b	0,10 a	0,01 b	0,38 b	0,20 ab	0,08	0,035 b	1,40 b	43
C	43-70	1,03 c	0,16 b	0,07 c	0,92 c	0,25 b	0,09	0,074 c	1,50 b	76
ES X		0,048**	0,04*	0,011**	0,03**	0,01**	N.S	0,025**	0,17**	

* - P .05

** - P .01

0 mhos/cm a 25°C.

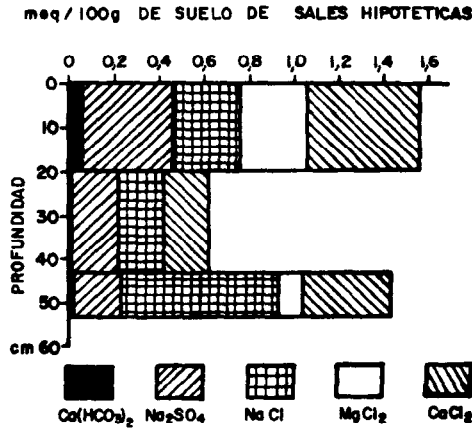
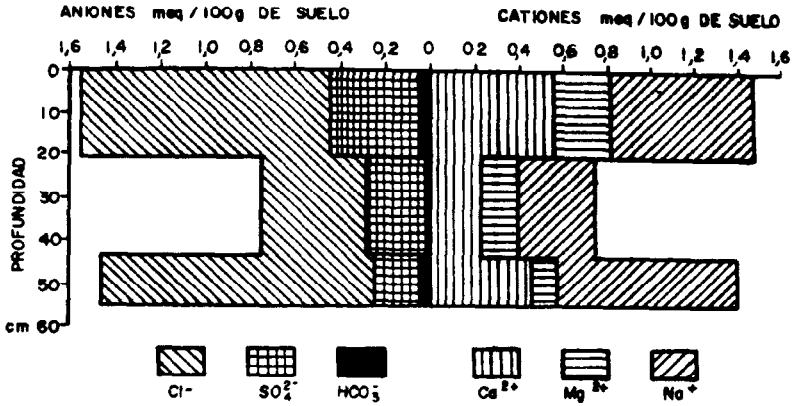


Fig. 1 : Distribución de las sales totales y sales hipotéticas en el perfil del suelo donde se desarrolla el cultivo del arroz en el año 1974 a la altitud de 0-5 m sobre el nivel del mar

Fig. 1 : Répartition des sels totaux et des sels hypothétiques dans le profil du sol où se développe la culture du riz entre 0 et 5 m au dessus du niveau de la mer en 1974

El orden en el contenido de los aniones en el perfil del suelo no es uniforme, presentando el horizonte A, el cloro en mayor cantidad, en segundo lugar el hidrógeno carbonato y en último lugar el sulfato en los horizontes B y C; el orden fue, cloro, sulfato e hidrógeno carbonato.

Entre los cationes se presentó el mismo orden cuantitativo para los tres horizontes, siendo de la siguiente forma: sodio, calcio y magnesio.

En la Fig.No.2 se expone la distribución de aniones y cationes en el perfil del suelo, detectándose una menor acumulación de iones en el horizonte B y una mayor en los horizontes A y C, semejantes a la encontrada en el año 1974. En la figura No.2 se destacan además las sales hipotéticas calculadas, predominando entre ellas el sulfato de sodio y el cloruro de sodio.

Al comparar la salinidad entre los años 1974 y 1977 se encontró que ésta no se incrementa de un año a otro, manteniéndose uniforme a través del tiempo.

Semejante comportamiento se encontró a la altitud de 5-10 , 10-20 y 20-30 m. sobre el nivel del mar.

Calidad de las aguas de riego

La calidad de las aguas que se utilizan en el riego de las diferentes granjas situadas en la Llanura Sur de Pinar del Río, tienen una gran importancia en el crecimiento o disminución de la salinidad de los suelos. Por ello se estudió la composición química de las aguas de los pozos, ríos y presas que se utilizan en el cultivo del arroz. En la Tabla No.4 se presenta la composición química de estas aguas.

Se determinó que la conductividad eléctrica que presentan todos los pozos se valora de alta y por la relación de absorción de sodio, se consideran bajo y medio. Las aguas de las presas, Ramírez, Juventud y la mezcla con los ríos y pozos se considera por ambos parámetros como baja.

De acuerdo a la clasificación propuesta por el U.S. Salini

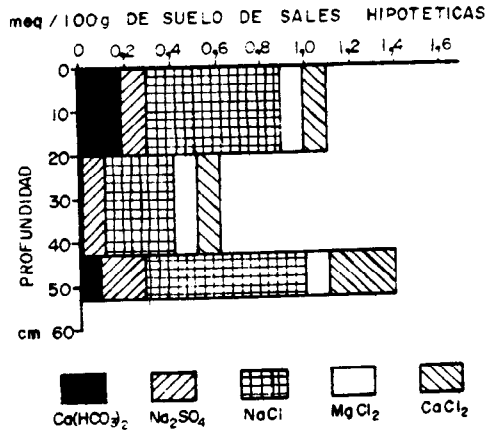
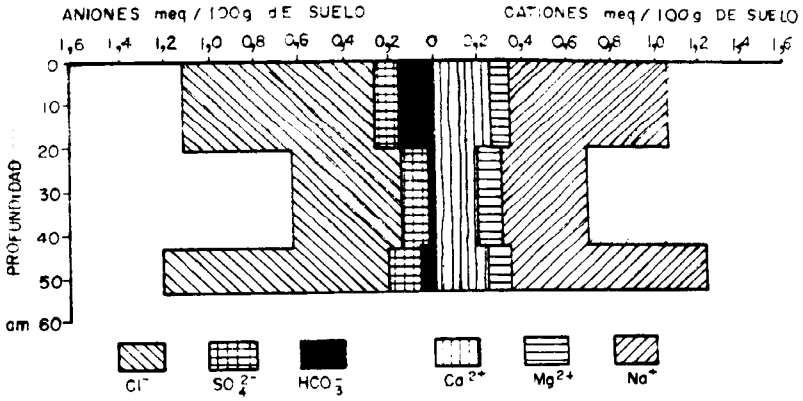


Fig. 2 : Distribución de las sales solubles totales y sales hipotéticas en el perfil del suelo donde se desarrolla el cultivo del arroz en el año 1977 a la altitud de 0-5 m sobre el nivel del mar

Fig. 2 : Répartition des sels solubles totaux et des sels hypothétiques dans le profil du sol où se développe la culture du riz entre 0 et 5 m au dessus du niveau de la mer en 1977

Tabla No.4

Composición química de las aguas de pozos, ríos y presas que se utilizan en el riego del cultivo del arroz en las Granjas situadas en la Llanura Sur de Pinar del Río

Pozo	Coordenadas	pH	HCO ₃ ⁻		Cl ⁻		SO ₄ ²⁻		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Suma	EC	RAS
			meq/l		mg/l		Mg/l		(0)					
RH-7	N 228,72 S	-	<u>3,85</u>	<u>18,70</u>	<u>1,94</u>	<u>5,65</u>	<u>4,92</u>	<u>14,00</u>					2420	6,09
	E 253,70 O		235	664	93	115	52	322	1385					
RF-21	N 294,65 S	-	<u>4,46</u>	<u>11,89</u>	<u>1,79</u>	<u>4,60</u>	<u>3,08</u>	<u>10,56</u>					1807	5,39
	E 263,75 O	-	272	422	86	92	37	243	1152					
RHO-23	N 279,20 S	-	<u>5,08</u>	<u>35,15</u>	<u>0,87</u>	<u>6,10</u>	<u>8,08</u>	<u>27,04</u>					4082	10,16
	E 251,51 O	-	310	1248	42	122	97	622	2442					
PS-163A	N 308,005 S	-	<u>3,93</u>	<u>60,73</u>	<u>5,71</u>	<u>7,95</u>	<u>9,83</u>	<u>47,65</u>					4078	15,98
	E 301,80 O	-	240	2156	274	159	18	1096	3022					
PS-196	N 317,50 S	-	<u>5,20</u>	<u>25,63</u>	<u>4,06</u>	<u>5,40</u>	<u>7,25</u>	<u>22,00</u>					3487	8,75
	E 301,80 O	-	317	910	196	108	87	506	2123					
RC-43	N 316,80 S	-	<u>6,02</u>	<u>9,24</u>	<u>0,94</u>	<u>5,25</u>	<u>3,83</u>	<u>7,74</u>					1633	3,63
	E 300,00 O	-	367	3,28	45	105	46	178	1070					
RB-19A	N 300,06 S	-	<u>4,28</u>	<u>21,04</u>	<u>1,89</u>	<u>7,10</u>	<u>4,25</u>	<u>16,39</u>					2844	6,88
	E 295,76 O	-	261	747	91	142	51	377	1666					

Cont. Tabla No.4

Presa Ju	-	7,80	<u>2.10</u>	<u>0.40</u>	<u>0.39</u>	<u>1.78</u>	<u>0.60</u>	<u>0.59</u>		2,47	0,54
ventud			128	14	19	36	7	14	221		
Presa Ra	-	7,70	<u>0.80</u>	<u>0.45</u>	<u>0.23</u>	<u>0.55</u>	<u>0.43</u>	<u>0.42</u>		132	0,60
mirez			49	16	11	11	5	10	106		
Mezcla de Pozo y	8,10		<u>2.45</u>	<u>0.40</u>	<u>0.78</u>	<u>2.38</u>	<u>0.62</u>	<u>0.53</u>		296	0,43
Presa Juventud			149	14	37	48	7	12	270		
Mezcla Presa Ramf	8,70		<u>1.70</u>	<u>356</u>	<u>1.48</u>	<u>2.66</u>	<u>1.14</u>	<u>312</u>		694	2,26
rez y Rfo Herradura			104	126	71	53	14	72	445		

(0) Micromhos/cm a 25°C.

ty Laboratory, (1954).

El peligro de salinidad potencial en las aguas de los pozos se valoró en todas como no recomendable y en las aguas de la Presa Ramírez, Presa Juventud y la mezcla de agua de pozo y Presa Juventud se catalogaron como buena, pero en la mezcla de la Presa Ramírez y el Río Herradura, se considera de condicionada de acuerdo a Palacios y Aceves, (1956).

El contenido de cloruro hizo que el agua se valorara como no recomendable en todos los pozos, en la Presa Juventud, Presa Ramírez y la mezcla de agua y pozo y Presa Ramírez y Río Herradura se valoró como condicionada, Palacios y Aceves, (1956).

Es interesante destacar que el pH del agua de las presas, tiene un valor de alrededor de 7,5 y al mezclarse estas aguas con el agua de los pozos, el pH se hace mayor de 8. Se consideró que el contenido elevado de sales existentes en las aguas de los pozos se debe a la influencia del mar que ha penetrado a consecuencia de una explotación indiscriminada del manto freático, coincidiendo con estos criterios Ayer, (1955) y Rovnev, (1972).

A partir de los resultados obtenidos y el análisis hecho de los mismos en las diferentes Granjas Arroceras estudiadas, se llegó a las siguientes conclusiones:

1 En el estudio realizado en las diferentes costas se encontró que a las altitudes de 0-5 y 5-10 m. sobre el nivel del mar, la intensidad de la salinización de los suelos se produce en relación a la profundidad del manto freático que va siendo menor a medida que ascendemos de costa. Los suelos fuertemente gleyzados y medianamente gleyzados situados en estas áreas poseen una fuerte salinización a partir de los 80 cm. de profundidad, siendo del tipo cloruro-sódica. En la parte superior del espesor se denota una disminución de las sales solubles totales en el horizonte B, provocado por la ascensión de B hacia A y el lavado lateral intersuelo. En el horizonte A la acumulación de sales alcanza valores de 0,066 %, clasificándose como

débilmente salinizados. Por encima de los 10 m. sobre el nivel del mar, la salinización del suelo es mínima y sólo está influenciada por el agua de riego que posee una ligera mineralización.

- 2 Se encontró que el tipo de salinidad es independiente de la altitud, siendo por los aniones clorhídrica en todo el perfil del suelo, aunque en la altitud de 0-5 m. a la profundidad de 1,50 m. es cloruro sulfático y por los cationes cálcico magnésica en los horizontes superiores y a partir de los 80 cm. de profundidad en la altitud de 0-10 m. sobre el nivel del mar se valoró de sódica-magnésica, sin embargo, en la cota de 0-5 m. sobre el nivel del mar se encontró una influencia del cultivo del arroz en el tipo de salinidad siendo esta altura del tipo cálcico-sódica.
- 3 La extracción indiscriminada de las aguas de los pozos en las diferentes Granjas estudiadas ocasionó el aumento de las sales en las mismas (1g/l) predominando los iones cloro y sodio, hasta llegar a ser impropias para el riego, como consecuencia de la intrusión salina producida por el agua de mar.

RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos en este trabajo han brindado informaciones que por sus características pueden ser de utilidad para la Empresa Arroceras de la provincia de Pinar del Río y en otras áreas de características semejantes. Por lo antes expuesto se estima que las siguientes recomendaciones serán de interés para los productores de arroz.

- 1 Sobre la base de que las áreas potencialmente salinas se encuentran por debajo de los 10 m. sobre el nivel del mar se debe mantener un control periódico de estas áreas sobre el contenido de sales solubles totales de los suelos, la calidad de las aguas empleadas en el riego y el nivel y tipo de mineralización de las aguas del manto freático

en dependencia de la época del año y de la extracción de agua para riego.

Para los suelos situados entre las altitudes de 10 a 30 m debe de establecerse el control en la calidad de las aguas de riego y el nivel del manto freático.

2 Mantener una vigilancia de la extracción de agua que se haga del manto, tratando que la concentración de sales no exceda a 1g/l y recargar el manto los mayores volúmenes de agua posible.

BIBLIOGRAFIA

- AYERS, A. (1955). Observaciones sobre la salinidad de los suelos y la calidad de las aguas en varias partes de Cuba. BANFAIC. Cuba.
- BABTZOY, B.; ZAMORIN, E.; PAZHIRIN, M.; RINCON, R. y TRIANA, C. (1976). Principios fundamentales del esquema general del aprovechamiento de los recursos hidráulicos y agrarios de la República de Cuba. Tomo 5. La Habana.
- BASILIEVICH, N. I. y PANKOVA, E. V. (1968). La experiencia de la clasificación de los suelos según su salinización. Edafología No. 11. Moscú, URSS.
- CASTRO, F. (1975). Informe del Comité Central del Partido Comunista de Cuba al Primer Congreso.
- DAVITAYA, F. F. y TRUSOV, I. L. (1965). Los recursos climáticos de Cuba. La Habana. ACC.
- GAGUA, G.; ZAREMBO, S. e IZQUIERDO, A. (1976). Los principios fundamentales del esquema general sobre el aprovechamiento del complejo de los recursos hidráulicos y agrarios de la República de Cuba. Tomo I. Las condiciones climáticas y agroclimáticas.
- INRA (1976). Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes. Suelos Tomo I. Resúmenes de los Trabajos Investigativos Marzo-1964-Marzo-1968. Editorial Orbe. Instituto Cubano del Libro.
- INSTITUTO DE METEOROLOGIA (1976). Resumen climático por es

- taciones. Academia de Ciencias de Cuba.
- INSTITUTO DE SUELOS (1975). II Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Serie Suelos No. 23. Academia de Ciencias de Cuba.
- KISSIN, I.; SEMEMOV, E. e IZQUIERDO, A. (1968). Evaporación en Cuba. La Habana.
- MARGULIS, V. y SIMEON, F. (1976). Condiciones Edafológicas y de mejoramiento. Principios fundamentales del esquema del aprovechamiento del complejo de los recursos hidráulicos y agrarios de la República de Cuba.
- PALACIOS Y ACEVES (1956). Instructivo para el maestro, registro de datos e interpretación de la calidad del agua para el riego agrícola. Rama de Riego y Drenaje del Colegio de Post Graduados de la ENA. México.
- PAULING, L. (1962). Química General. Asociación de Estudiantes de la Facultad de Tecnología. Universidad de La Habana. Cuba.
- ROVNEV, N. (1971). El estudio geológico, hidrogeológico e ingeniero geológico de la provincia de Pinar del Río. Esquema de aprovechamiento de recursos hídricos y agrarios de la provincia de Pinar del Río.
- U.S. SALINITY LABORATORY STAFF (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USA. Edited by Richards L.A. Riverside. USA. Traducción al español por Editorial Limusa (1974). México.