



## **EVALUACION Y ZONIFICACION DE LA FACTIBILIDAD DE SALINIZACION DE SUELOS DEL VALLE DEL CAUTO PROVINCIAS HOLGUIN Y LAS TUNAS POR METODO HIDROGEOLOGICO.**

**Constantino de Miguel Fernández**

*Instituto Superior Minero Metalúrgico "Antonio Núñez Jiménez". Las Coloradas S/n CP. 83329. Moa. Holguín. Cuba. C Eléct: [cdemiquel@moa.minbas.cu](mailto:cdemiquel@moa.minbas.cu)*

### **RESUMEN**

En la evaluación y zonificación de la de factibilidad de salinización de los suelos del Valle del Cauto en las provincias de Holguín y Las Tunas se aplica un nuevo método hidrogeológico de pronóstico establecido por el autor del trabajo, en el que se integran cuatro factores de incidencia principal sobre las características de los suelos y que son: 1<sup>ro</sup>- Profundidad de yacencia de las aguas subterráneas. 2<sup>d</sup>- Litología de la zona de aireación. 3<sup>ro</sup>- Propiedades de ascensos capilares de la zona de aireación. 4<sup>to</sup>- Quimismo de las aguas subterráneas, representado por el Índice de Salinidad Marina (I.S.M.), establecido por el autor. Basado en los factores mencionados y grado de interrelación de los mismos se establecieron clasificaciones de los suelos que permitió zonificar y caracterizar el Valle del Cauto por grado de factibilidad (potencialidad) de salinización de los suelos, en un área de 3813 km<sup>2</sup> de las provincias Holguín y Las Tunas y cuyas características se describen en el texto, tablas y mapa anexo a escala 1:770 000, pantografiado del original confeccionado a escala 1:100 000.

El mapa elaborado permite desarrollar un uso sostenible de los suelos del territorio, sirviendo de base a la programación de proyectos de riego y drenaje y a la argumentación de los mismos en aquellas zonas donde es necesario el drenaje y en las que se puede desarrollar el riego bajo condicionales que se especifican en el trabajo. De tal forma el mapa elaborado sirve como Mapa Base para un Reordenamiento Territorial que permita el uso sostenible de los suelos.

### **ABSTRACT**

In the work a new method is introduced that compose: 1- depth of the underground waters. 2- lithology of the stratum of covering. 3- properties of capillary ascent in the stratum of covering. 4- chemism of the underground waters, represented by the coefficient of Marine Salinity (ISM) established for the author of this work.

As an example of application practice are introduced the "Map of Factibility of Salinization of the Floors" in an area of 3813 Km<sup>2</sup> of the Cauto Valley in Holguin and Las Tunas provinces in which it is defined the areas with different grade of salinization factibility.

### **INTRODUCCION**



Dentro del contexto de protección al "Medio Ambiente" y considerando que el suelo es uno de los principales elementos ambientales, por su importancia como fuente de alimentos y desarrollo de la flora y la fauna, en este trabajo nos hemos dado a la tarea de establecer una forma de diagnosticar la factibilidad de salinización de los suelos, con vistas a prevenir las consecuencias que pueden producir la aplicación del riego de una forma indiscriminada, es decir, sin una debida argumentación técnica, fundamentada en las condiciones geo-hidrogeológicas e incluso con una incorrecta utilización de los suelos con producción en secano..

Para la aplicación del conjunto de métodos hidrogeológicos en los cuales trabajamos desde hace cinco años, por estudios, procesamiento y correlación de datos de archivo, referidos a litología, profundidad y quimismo de las aguas del Valle del Cauto en las provincias de Holguín y Las Tunas, donde anualmente en distintos grados se salinizan cientos de hectáreas de suelos agrícolas con producción en secano y bajo riego, en el presente trabajo presentamos la evaluación y zonificación del territorio mediante la confección el mapa elaborado para este territorio de "Factibilidad de Salinización de los Suelos por las Condiciones Hidrogeológicas Existentes", el cual representa el resultado final con la integración de distintos mapas hidrogeológicos y de quimismo de las aguas subterráneas, en los que se han establecido nuevos coeficientes para definir la salinidad acuífera con sus clasificaciones correspondientes.

Para la confección del "Mapa de Factibilidad de Salinización" del Valle del Cauto que se presenta, se utilizaron datos de 543 análisis químicos, 482 puntos con mediciones de nivel de las aguas subterráneas y 350 puntos con descripciones litológicas de la zona aireación y acuíferos con cálculos de los ascensos capilares en la zona no saturada, todos ellos tomados de los archivos de Entidades del I.N.R.H. de la Provincia Holguín y Las Tunas, así como de otras entidades que ejecutan perforación y mediante algunos recorridos de campo para completamiento de datos.

## **I-METODOLOGIA PARA EL PRONOSTICO DE LA FACTIBILIDAD DE SALINIZACIÓN DE SUELOS.**

El pronóstico de la factibilidad de salinización de los suelos representa la caracterización de los factores que pueden influir en esa salinización, los cuales de forma práctica podrán ser representados en un mapa, que refleje la interacción de los mismos por clasificación que se defina.

Para la confección del "Mapa de Factibilidad de Salinización de los Suelos" de cualquier territorio, considerando como factores que influyen en esta salinización las condiciones hidrogeológicas, se requiere de la aplicación de un Sistema de Información Geográfico con la confección como mínimo de tres mapas básicos que son: Mapa de Profundidad de Yacencia del Nivel de las aguas subterráneas, Mapa de Litología de Cubierta (zona de aireación) y Mapa de Salinidad de las aguas freáticas (para este último consideramos el Índice de Salinidad Marina (ISM) establecido por el autor de este trabajo. En este caso los análisis químicos se procesaron y se determinó el Índice de Salinidad Marina (I.S.M.) en cada punto seleccionado, aplicando la formula:



$$\text{ISM} = (\% \text{Cl} + \% \text{Na}) / (\% \text{HCO}_3 + \% \text{Ca}) \quad (\text{C. de Miguel} - 1992)$$

Es esta ecuación los porcentajes de los iones se toman de la suma de los miligramos equivalentes de los aniones y cationes de forma independiente o de la suma total de ellos.

Como puede observarse de la ecuación del ISM los cloruros (Cl) y el Sodio (Na) son elementos predominantes en las aguas marinas y el Hidrocarbonato (HCO<sub>3</sub>) y el Calcio (Ca) son elementos predominantes de acuíferos continentales. De tal forma este coeficiente corresponde con la determinación de factores que influyen en la salinidad de suelos agrícolas existentes en territorios formados por rocas y sedimentos de origen marino y marino - aluvial en los cuales la salinidad de los suelos es predominantemente clórica y sódica. En el Valle del Cauto predominan las aguas subterráneas Cloricas-Sodicas con mineralización 2 a 5 gr./l. Y la mineralización de los suelos predominante es clorica y sodica.

Estas características no tienen ninguna relación con la línea de costa actual, ya que los niveles de las aguas subterráneas predominantemente se encuentran sobre la cota absoluta + 40 m.

Para la caracterización del territorio de estudio por salinidad de las aguas se aplicó la clasificación de tabla No. I

**Clasificación I.S.M. (C. de Miguel 1992)**

**Tabla 1**

Valor I.S.M	Tipo de Agua o Acuífero
< 1	Aguas o Acuífero no Salinizado
1 - 1.9	“ débilmente salinizado
2 - 6.9	" salinizado
7 - 21	" muy salinizado
> 21	“ hipersalinizado (aguas de mar)

En un gran porcentaje del territorio del Valle del Cauto como otros territorios en las condiciones de Cuba, los datos del quimismo de las aguas subterráneas no se tienen y es necesario obtener estos datos de la forma más rápida y económicamente posible; para ello ejecutamos recorridos de campo debidamente programados con el objetivo de obtener los datos necesarios tanto para los mapas de profundidad de yacencia de las aguas subterráneas como para la evaluación del índice de salinidad marina (ISM), para ello en los recorridos se cartografiaron puntos de aguas subterráneas complementarios (manantiales, pozos y calas), tomando los parámetros necesarios y ejecutando mediciones de la mineralización de las aguas en cada punto censado, utilizando salinómetros. Con los datos obtenidos el Índice de salinidad marina se determinó de las mediciones en campo aplicando la fórmula siguiente:

$$\text{ISM} = 1.18 \text{ M} \quad (\text{C. de Miguel} 1992)$$

donde: M- mineralización de las aguas en sales solubles totales por salinómetro en gr. / l.

## **II- CONFECCIÓN DEL MAPA DE FACTIBILIDAD DE SALINIZACIÓN DE LOS SUELOS POR CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS EXISTENTES EN VALLE DEL**



## CAUTO PAOVINCIAS HOLGUIN Y LAS TUNAS.

Para la confección de este mapa de Factibilidad en el Valle del Cauto por la litología predominante, se requirió de la conjugación de tres mapas Básicos:

- 1<sup>o</sup>. Mapa de Profundidad de Yacencia de las Aguas Freáticas.
- 2<sup>do</sup>. Mapa de Quimismo de las Aguas Freáticas.
- 3<sup>er</sup>. Mapa de Litología de Cubierta y ascensos capilares de la misma.

Para poder lograr la elaboración del mapa, fue necesario establecer una clasificación que correlacionara el ISM con la profundidad de yacencia de las aguas freáticas, teniendo en cuenta que el mayor territorio del Valle del Cauto esta formado por sedimentos y rocas arcillosas, para las cuales están determinadas la permeabilidad, porosidad y magnitud del ascenso capilar, éste último de importancia primordial y que puede ser tomado de literatura. La clasificación de los suelos por condiciones hidrogeológicas presentes se expone en tabla No III. anexa.

### Magnitud del ascenso capilar Máximo [Según I.A.Skabalanovich y M. V. Cedenko-1980] Tabla II

Litología	Ascenso Capilar Máximo - m.
Arena gruesa	0.15
Arena Media	0.50
Arena Fina	1.10
Arena Arcillosa	2.0
Arcilla Arenosa ligera	3.5
Arcilla arenosa pesada	6.5
Arcilla	12.0

Con datos de pruebas de laboratorios, el ascenso capilar máximo de los sedimentos arcillosos puede determinarse por la siguiente formula:

$$H_c = 0.0446 \frac{1-n}{n} \frac{1}{d_e} \quad (\text{Kozeni})$$

Donde: n-coeficiente de porosidad de los sedimentos.

$d_e$ - diámetro efectivo de los sedimentos que forman la zona de aireación.

Con la aplicación del método de pronóstico y clasificación establecidos, el área de estudio pudo ser caracterizada y zonificada con resultados que se exponen en las Tablas IV y V, así como en Mapa anexo.



**Características Establecidos para el Valle del Cauto Prov. Holguín y Las Tunas –Tabla IV**

<b>Tipo de suelo</b>	<b>Valor I.S.M.</b>	<b>Profundidad nivel de las aguas (m)</b>	<b>Requerimientos generales para la aplicación de riego</b>
<b>I Prácticamente no salinizable</b>	< 1	> 3	No se requiere de medidas de drenaje, exceptuando zonas llanas de empantanamiento donde debe preverse drenaje superficial
	1 - 1,9	> 5	
	2 - 6,9	> 10	
	> 7	> 15	
<b>II Poco salinizable</b>	< 1	1 - 3	Solo requiere de drenaje superficial, en algunos casos drenaje horizontal, soterrado profundo
	1 - 1,9	3 - 5	
	2 - 6,9	5 - 10	
	> 7	10 - 15	
<b>III Salinizable</b>	< 1	< 1	Requiere de drenaje superficial profundo, en algunos casos drenaje horiz., soterrado profundo o vertical (bombeo de pozos)
	1 - 1,9	1 - 3	
	2 - 6,9	3 - 5	
	> 7	5 - 10	
<b>IV Muy Salinizable</b>	1 - 1,9	< 1	Requiere de combinación de drenaje superficial y horizontal soterrado profundo, en algunos casos combinado con vertical profundo y recarga artificial
	2 - 6,9	1 - 3	
	> 7	< 5	
<b>V Extremadamente Salinizable</b>	< 1,9	< 0,5	En estos casos no debe regarse, pero si se requiere de drenajes combinados con recarga artificial y bombeo de pozos, para lavado del acuífero y mejoramiento de los suelos
	2 - 6,9	< 1	
	> 7	< 3	

**Nota:** En todos los casos se prevé que el riego se ejecute con aguas de mineralización menor de 1 gr./l y I.S.M. < 1.

Teniendo ya todos los datos necesarios se procedió a la elaboración del mapa de factibilidad de salinización superponiendo al mapa de salinidad de las aguas subterráneas [en base al I.S.M], el mapa de profundidad de yacencia del nivel de las aguas freáticas y de litología y en correspondencia con la clasificación establecida se delimitaron las áreas con distinto grado de factibilidad (potencialidad) de salinización para toda el área del Valle del Cauto de las Provincias Holguín y Las Tunas, con los resultados expuestos en la tabla No V.



**Resultados de la Zonificación de los suelos por factibilidad de salinización**

**Tabla V**

Tipos de suelos por factibilidad de salinización	Áreas con distinto grado de factibilidad de salinización de los suelos					
	Prov. Holguín		Prov. Las Tunas		Total Área del Valle	
	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%
<b>Prácticamente no salinizables</b>	686	31.3	660	40.6	1346	35,3
<b>Poco salinizables</b>	640	29.2	355	21.8	995	26.1
<b>Salinizables</b>	400	18.3	314	19.3	714	18.7
<b>Muy salinizables</b>	350	16	230	14.2	580	15.2
<b>Extremadamente salinizables</b>	112	5.2	66	4.1	178	4.7
<b>TOTAL</b>	2188	100	1625	100	3813	100

( Ver mapa anexo)

### III-CONCLUSIONES

El mapa confeccionado de factibilidad de salinización de suelos del Valle del Cauto en las provincias Holguín y Las Tunas por superposición con mapas de salinidad de suelos de ese mismo territorio presenta plena correspondencia, lo que nos permite asegurar que la metodología establecida es correcta al cumplir los objetivos para lo que fue confeccionada, a la vez que nos define que las condiciones hidrogeológicas existentes, representan una de las principales causas de salinización de los suelos del Valle del Cauto, cuando los mismos son explotados sin considerar estas condiciones y sobre todo cuando se utiliza el riego sin la debida argumentación basada en esas condiciones

2-La metodología, clasificaciones y mapa elaborado, son los primeros de este tipo que se confeccionan en Cuba y por grado de conocimiento que se tiene al respecto, pueden considerarse también, que los mismos presentan carácter novedoso en el ámbito internacional, siendo su aplicación de carácter universal.

3-El método y clasificación establecida permite a investigadores, proyectistas y agricultores, definir de forma preliminar, con pequeñas inversiones, la posibilidad y características de la aplicación de riego, por lo que por anticipado permiten pronosticar las dimensiones e inversiones que pueden demandar las investigaciones, proyectos y construcciones de los sistemas de riego y drenaje que se requieren para una aplicación correcta de los mismos.

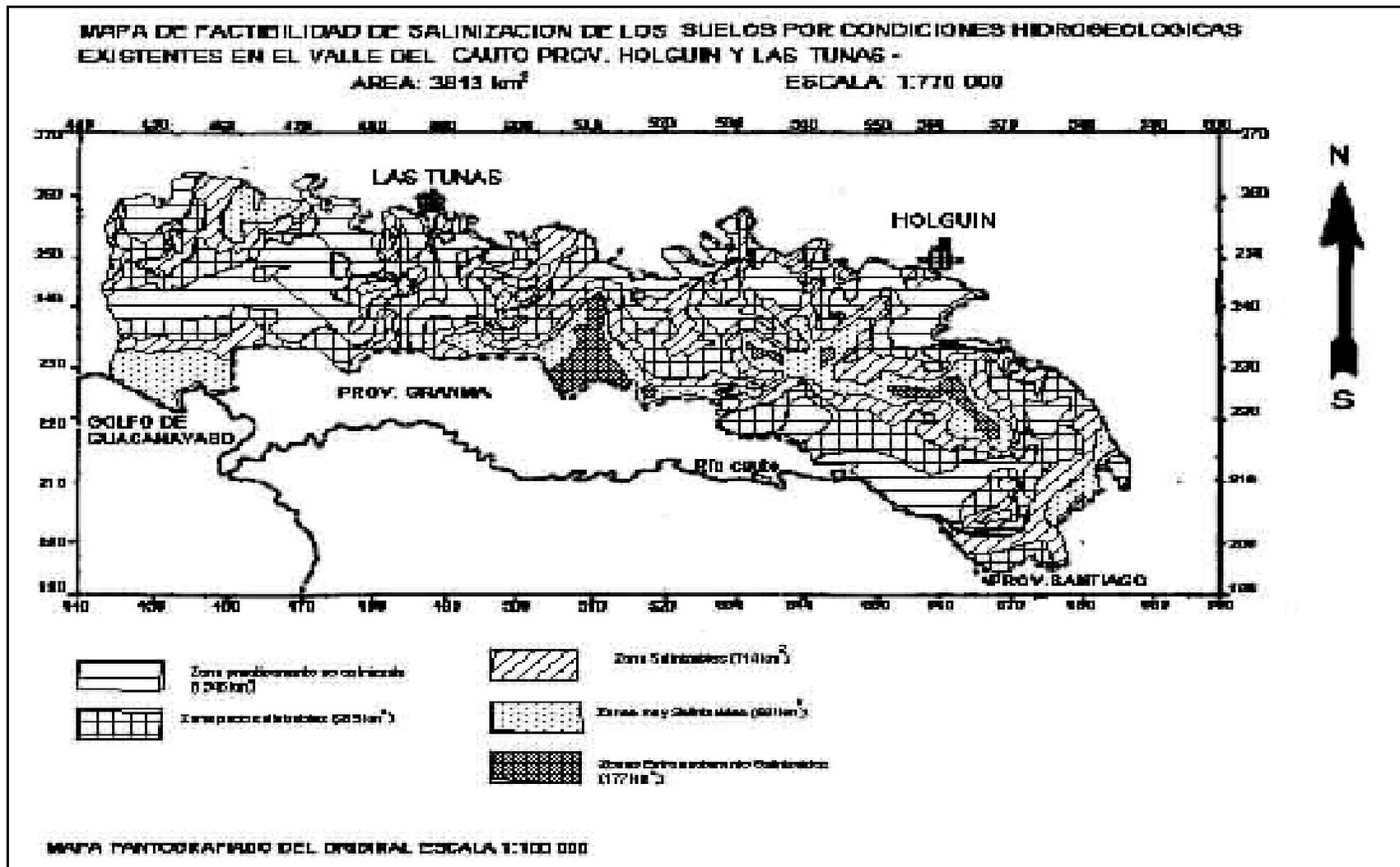
4-Dentro del concepto de protección y mejoramiento del Medio Ambiente, la metodología establecida y mapa elaborados, permiten la planificación de las medidas a tomar con fines de proteger y mejorar los suelos agrícolas del Valle del Cauto en las provincias Holguín y Las Tunas y en todo el territorio Nacional, si se generaliza su aplicación, con lo que se podrá lograr un uso sostenible de los suelo



5-El Valle del Cauto en las provincias Holguín y Las Tunas, con un área de 3813 km<sup>2</sup>, solo cuenta con 1346 km<sup>2</sup> (35.3% del área estudiada), donde el riego agrícola puede aplicarse sin peligro de salinización de suelo. El resto del área en estas provincias, equivalente a 2467 km<sup>2</sup> (64.7% del área estudiada), en menor o mayor grado presenta condiciones hidrogeológicas favorables a la salinización de los suelos, con la aplicación de riego sin la construcción de los sistemas de drenaje requeridos, e incluso, sin la aplicación de riego.

## BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

1. Barón P. (1981): *Pronóstico del régimen de las reservas de las Aguas Freáticas en Regiones Bajo Riego - "Niedra", Moscú.*
2. Bieli V. (1982): *Instrucciones Sobre Investigaciones Hidrogeológicas e Ingeniero Geológicas para las Construcciones con Fines de Mejoramiento de Suelos (SOYUSVODPROYEKT), Moscú.*
3. De Miguel C. (1986): *Formación y Evaluación de las Reservas de Explotación de las Aguas Subterráneas en Formaciones de Edad Mioceno-Cuaternario de la Cuenca del Río Cauto. República de Cuba, (Tesis de Doctorado), Instituto de Minas, San Petersburgo.*
4. De Miguel C. (1993): *Hidrogeología del Valle del Cauto para Mejoramiento de Suelos en la Provincia de Holguín. (Trabajo 8vo. Forum de Ciencia y Técnica). Holguín.*
5. De Miguel C. (1994): *Índice de Salinidad Marina en Acuíferos, su Determinación y Aplicación con Fines de Riego y Mejoramiento de Suelos (Trabajo 9no Forum de Ciencia y Técnica) - Holguín.*
6. Daroxim I.V, E.N. Bagacheva (1969): *Yacimientos Útiles y su Explotación - "Niedra", Moscú.*
7. Holmes A (1960): *Geología Física – Universidad de Edimburgo.*
8. Kats D.M, I. Pashkovski (1988): *Hidrogeología Meliorativa. "Niedra, Moscú.*
9. Luthim J. (1957): *Drenaje de Tierras Agrícolas. California.*
10. Poirée M., Ch.Ollie (1960): *Saneamiento Agrícola. Francia.*
11. Plotnikov N. (1972): *Guía Metodológica para las Investigaciones Hidrogeológicas e Ingeniero Geológicas para las Construcciones con Fines de Mejoramiento de Suelos. VCGINGEO. Moscú.*
12. Popov I. (1965): *Características Ingeniero – Geológicas de las rocas y problemas de Litogenesis. "Niedra". Moscú.*
13. Pitieva K. (1997): *Problema de la Hidrogeología. "Naúka". Moscú.*
14. Skavalanovich I. S.Cedenco (1980): *Hidrogeología e Ingeniería Geológica y Desecamiento de Yacimientos. "GOSGEOLTEXIZDAT. Moscú.*
15. Shestakov V. y Otros (1972): *Materiales de Congresos sobre Mejoramiento de Suelos. Hidrogeología e Ingeniería Geológica. (Edición I. 1era. Parte). Ministerio de Geología de la URSS. Moscú.*
16. Zaltsberg E. A. (1980): *Régimen y Balance de las Aguas Freáticas en la Zona de Sobresaturación. "Niedra", San Petersburgo.*



**Clasificación de los suelos por condiciones hidrogeológicas existentes ( C. De Miguel, 199)**

**Tabla III**

Profundidad De las aguas Subterráneas ( m )	Litología del Estrato de Cubierta ( Zona de aireación ) Valores I.S.M. de las Aguas Subterráneas.																			
	Arenas				Arenas Arcillosas				Arcillas Arenosas Ligeras				Arcillas Arenosas Pesadas				Arcillas			
	<1	1-1,9	2-6,9	>7	<1	1-1,9	2-6,9	>7	<1	1-1,9	2-6,9	>7	<1	1-1,9	2-6,9	>7	<1	1-1,9	2-6,9	>7
<1,1	PS.	S.	MS.	ES.	S.	S.	MS.	ES.	S.	MS.	MS.	ES.	S.	MS.	ES.	ES.	S.	MS.	ES.	ES.
1,1 - 2,0	NS	PS.	S.	MS.	PS.	S.	S.	MS.	S.	S.	MS.	MS.	S.	MS.	MS.	ES.	S.	MS.	ES.	ES.
2,0 - 3,5	NS.	NS.	PS.	S.	PS.	PS.	S.	S.	PS.	S.	S.	MS.	S.	S.	MS.	MS.	S.	MS.	MS.	ES.
3,5 - 6,5	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	PS.	NS.	PS.	PS.	S.	PS.	S.	S.	MS.	PS.	S.	MS.	MS.
6,5 - 12,0	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	PS.	NS.	PS.	S.	S.	NS.	PS.	S.	S.
>12	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	NS.	PS.	NS.	NS.	PS.	PS.

NS- SUELOS PRACTICAMENTE NO SALINIZABLES.

PS.- SUELOS POCO SALINIZABLES.

S.- SALINIZABLES.

MS.- MUY SALINIZABLES

ES. – EXTREMADAMENTE SALINIZABLES.