

**OFICINA NACIONAL DE EVALUACION DE RECURSOS NATURALES  
( O N E R N )**

**EVALUACION DE LA SALINIDAD EN EL PERU**

por

Ingº Luis Masson Meiss

Contribución al "Grupo de Trabajo para la Evaluación y Control de Degradación  
de Tierras Aridas de América Latina"

Proyecto Regional FAO/PNUD RLA 70/457 - Santiago - Chile

Ministerio de Agricultura - DGA/DIPRECO

Setiembre, 1973

ISN 27887

## R E S U M E N

La salinidad en el Perú es un fenómeno típico de su región costera, afectando una gran proporción de la superficie de cultivo de los valles irrigados que la atraviesan, así como la mayor parte de las tierras de sus desiertos o pampas eriazas. La salinidad se presenta coexistiendo con problemas de mal drenaje ó independientemente, siendo lo primero característico de los valles, y lo segundo típico de las pampas eriazas. Con el fin de identificar, clasificar y calificar a los suelos afectados por la salinidad y/o mal drenaje, la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), se encuentra llevando a cabo un inventario de dichos problemas. El presente trabajo es una síntesis de la metodología empleada, así como de los resultados obtenidos hasta la fecha.

## EVALUACION DE LA SALINIDAD EN EL PERU

---

### 1. INTRODUCCION

La salinidad en el Perú se presenta mayormente afectando gran parte de los suelos de su región costera, en la cual se encuentran incluidas las tierras de mayor potencial agrícola actual. La capacidad productiva de estos suelos se manifiesta por el hecho de que de ellos emana casi el 50% del producto bruto agrícola nacional.

Es propósito del presente trabajo, dar a conocer los logros alcanzados por la investigación sobre la salinidad en el Perú, en lo que atañe a su aspecto evaluativo.

Luego de ofrecer una síntesis explicativa del problema de la salinidad en la Costa peruana, se presentará una descripción generalizada de los métodos empleados para el proceso de evaluación.

Finalmente, se señalará una relación de las conclusiones obtenidas hasta el presente, tanto en los valles y otras áreas cultivadas como en los desiertos o pampas costeras.

Se pretende en esta forma ofrecer una contribución objetiva a otros países que presenten problemas similares a los del Perú, en lo que respecta a la salinidad. Así mismo, se desea mostrar los esfuerzos que realiza el Gobierno Peruano, dentro del aspecto de la evaluación, en dar solución a este grave problema, como uno de los tantos frentes de combate contra los problemas de la productividad, en favor del desarrollo agrícola del país.

## 2. PRESENTACION DEL PROBLEMA

Los problemas de salinidad en el Perú, se encuentran mayormente concentrados a lo largo de su estrecha Costa Arida.

La región árida costera, con precipitaciones anuales inferiores a 25 mms., constituye una de las 3 regiones naturales del Perú, al que divide longitudinalmente de Norte a Sur, encontrándose limitada por el Oriente por la Cordillera de los Andes, y por el Occidente por el Océano Pacífico (Ver Mapa N° 1). Esta región, con pocos vecinos a los centros de producción, fáciles vías de comunicación interna, accesible desde las montañas y desde el mar, se encuentra atravesada por 52 fértiles valles (Ver Mapa N° 2) con agua de riego limitada, y clima templado de estaciones muy definidas. Tradicionalmente esta región ha sido el asiento cultural principal del Perú, sede de su agricultura intensiva y de su esfuerzo industrial, exhibiendo su población un acelerado ritmo de actividad y expansión demográfica (actualmente el 45% de la población del Perú reside en la Costa, contra el 39% que residía en 1961).

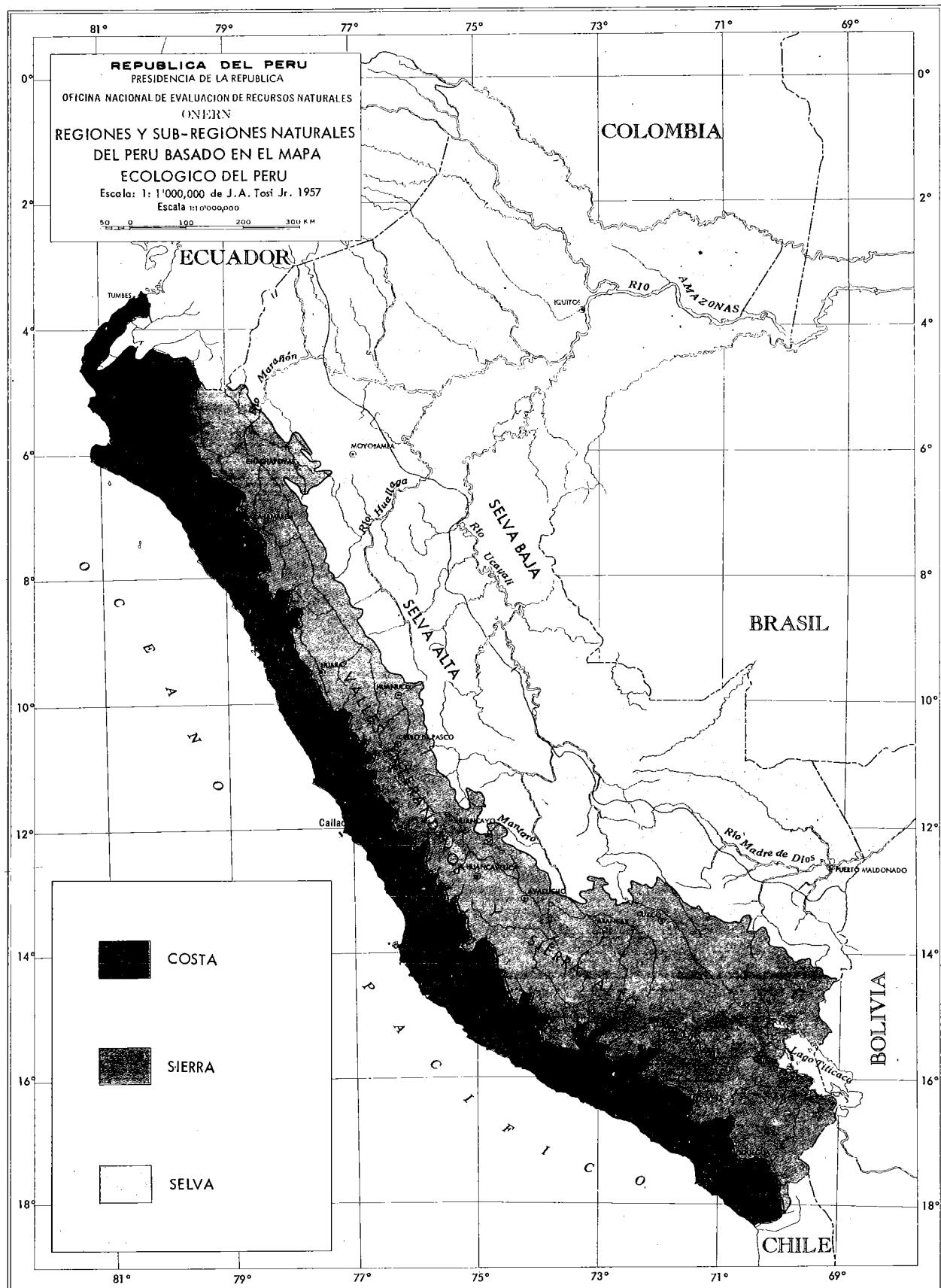
### 2.1 Características Generales de los Suelos Salinos de la Costa Peruana

El fenómeno de la salinidad se presenta bajo diferentes características en los valles irrigados y en los desiertos o pampas costeras.

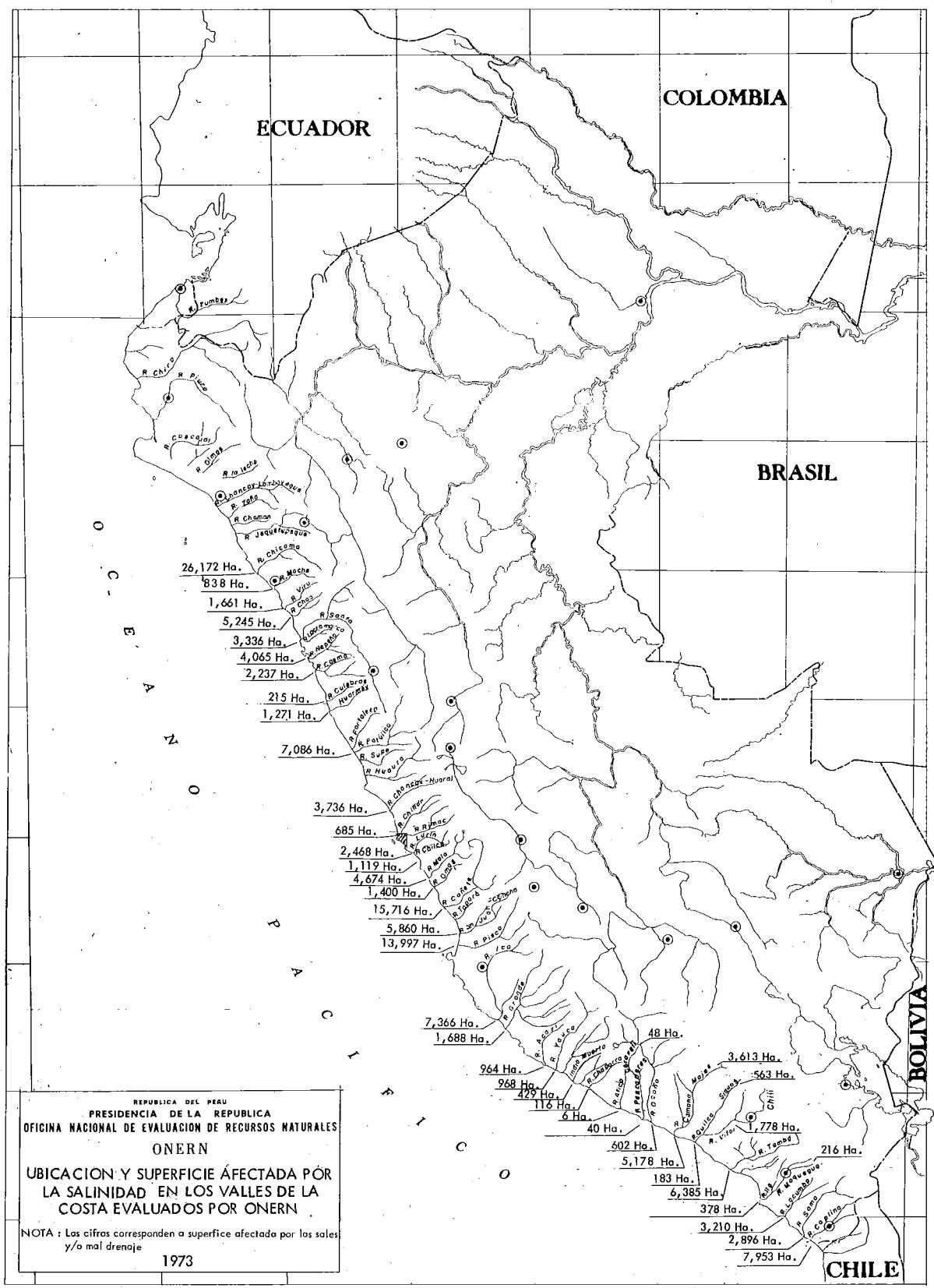
En los valles irrigados, aún cuando el factor agua es limitante, su irregular distribución en el año ha determinado que se hagan aplicaciones excesivas en la época de abundancia, originando niveles freáticos altos en sus partes bajas. Este hecho, asociado a la acumulación de sales en el perfil del suelo, típico en zonas áridas, ha desarrollado problemas de drenaje y salinidad de proporciones considerables. El problema se ha incrementado con la expansión de las áreas de cultivo (nuevas irrigaciones sobre tierras vírgenes), donde en general la concentración de sales es aún mayor y los suelos son de textura más gruesa. Las nuevas irrigaciones ocupan generalmente posiciones más altas sobre los márgenes de los valles, y el manejo de sus tierras afecta consecuentemente a las tierras de éstas últimas, que son de mejor calidad.

La deficiencia de agua de riego, su tenor de sales, así como la alta evaporación imperante, originan también la presencia de sales en los suelos, aunque no existan problemas de drenaje.

En los desiertos o pampas costeras, la acumulación de sales en los perfiles de los suelos es también notable. A diferencia de los valles irrigados, en las pampas la salinidad no es originada por el agua de irrigación. Así, la presencia de sales se relaciona esencialmente al origen marino de los suelos o del substrato. Las sales tienden a concentrarse bajo la forma de capas hardpánicas (caliche).



MAPA No 1



## MAPA N° 2

## 2.2 Sinopsis Histórica

El problema del ensalinamiento de los suelos irrigados de la Costa Arida peruana, ha cobrado importancia a partir del presente siglo. Sin embargo, hasta poco después de mediados del mismo, las investigaciones realizadas fueron efímeras y prácticamente desconocidas. La solución de los problemas específicos derivados del ensalinamiento tenía como base los resultados de la investigación realizada en el extranjero, principalmente en los Estados Unidos. De mayor interés que las investigaciones, resultaron las aseveraciones y experiencias prácticas realizadas por distintos técnicos y agricultores. Entre las mismas, cabe mencionar como la de más importancia, la expresada en 1936 por Klinge (G), quien basándose en su experiencia y conocimiento de los valles costeños, estimó en 200,000 Ha. la superficie afectada por la salinidad y alcalinidad. Entre 1959 y 1962, Stuard Fox (J), reiteró y comprobó parcialmente esta aseveración, mediante estimaciones basadas en ploteos tentativos efectuados en mapas topográficos de reducida escala (1 : 200,000) de la Carta Nacional.

En 1951, arribó al Perú una Misión de Asistencia Técnica de la UNESCO, presidida por el Dr. Gonzalo de Reparaz, encargada de realizar y asesorar en el país estudios sobre la Zona Arida. Entre 1951 y 1957 dicha Misión realizó, entre otras, investigaciones en aguas salinas, principalmente, estableciendo un Laboratorio adecuado para tales fines en la Estación Experimental Agrícola de La Molina. Fué dicha Misión la que llevó a cabo las primeras investigaciones en torno a los excesos de Boro, tanto en suelos como en aguas de irrigación.

Digno de mención es también el estudio efectuado en 1951 por Flores Cossío (D), quien investigó la presencia y tipo de sales en suelos salinos y típicos de varios valles de la Costa.

En 1963, como parte de su programa de evaluación del recurso suelo en el Perú la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), dió inicio a la ejecución de un Proyecto tendiente a efectuar una delimitación y cuantificación de las áreas afectadas con problemas de salinidad, con el apoyo de fotografías aéreas y la Carta Nacional Fotogramétrica (escala 1: 100,000). El trabajo fué realizado mediante observaciones en el terreno, y con la ayuda de análisis de laboratorio. Paralelamente, se delimitó la superficie afectada con problemas de drenaje, y áreas afectadas por el Boro. La información obtenida fué llevada a Mapas, los cuales fueron los primeros que, sobre estos aspectos, se elaboraron en el Perú. Hasta 1966 se llegó a evaluar, con resultados espectaculares, 14 valles comprendidos entre Acarí (Dpto. de Arequipa) y Caplina (Dpto. de Tacna). Esta investigación se basó en los lineamientos sobre clasificación de los suelos salinos y sódicos propuestos por el Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos de América (Riverside, California). Las observaciones en cuanto al contenido de Boro de los suelos y aguas estudiados, fueron igualmente impactantes, habiéndose determinado la presencia de este elemento en una gran proporción de suelos y aguas, en proporciones que sobrepasaban considerablemente el nivel considerado como normal por el Laboratorio de Salinidad de

Riverside (0.7 ppm.). La investigación preliminar realizada por ONERN sobre el contenido de este elemento en los suelos de los valles estudiados, generó el interés de los investigadores peruanos de diversas instituciones, tales como la Universidad Nacional Agraria y la Estación Experimental Agrícola de La Molina, y también de investigadores extranjeros que prestaban funciones de asesoría en las Instituciones antes mencionadas. Dichos investigadores realizaron algunas experiencias en cuanto a la actividad del Boro sobre diversos cultivos que desarrollan en los valles estudiados. Dignas de mención son las investigaciones efectuadas por Estrada (J), Bazán (A) y Fox (R).

### 2.3 El Proyecto de Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa

En 1968, de acuerdo a los lineamientos previstos en el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social para 1967 - 1970, sobre la necesidad de incremento de la producción agropecuaria en base al aumento de la productividad de las áreas actualmente bajo cultivo, ONERN inició el desarrollo de un Proyecto multidisciplinario con el fin de inventariar y evaluar el uso racional de los recursos naturales de la Costa. Este Proyecto fué concebido en relación al estudio de los problemas que afectan las áreas actualmente cultivadas de la Costa peruana, particularmente los relacionados con la productividad agrícola y la ampliación de las áreas de cultivo, el uso de los recursos hídricos y los referentes a la salinidad y mal drenaje de las tierras agrícolas.

En base a los resultados espectaculares obtenidos en los años precedentes en los valles del Sur, el Proyecto contempló la realización de estudios agrológicos a nivel de reconocimiento (y en algunos casos de semi-detalle) en los valles irrigados, con el fin de localizar, cuantificar y calificar los problemas de salinidad y mal drenaje; evaluar los recursos de agua disponibles y su uso, comparándolos con las demandas; estudiar los sistemas de regulación, captación y distribución de las aguas de riego, y realizar estudios socio-económicos relacionados fundamentalmente con la productividad agrícola determinando, en forma generalizada, la tenencia y el uso actual de la tierra.

Para los fines de investigar las posibilidades futuras de ampliación del área agrícola, el Proyecto contempló el estudio — a nivel de reconocimiento generalizado —, de los suelos de las pampas o desiertos costeros. Dicho estudio consideró la clasificación natural de los suelos al nivel de los Grande Grupos de Suelos, expresando su potencial agropecuario en términos de su aptitud para el riego.

La región de la Costa tiene una extensión de 13.6 millones de hectáreas, de la cual se estima que alrededor de 1.5 millones posee aptitud para el desarrollo de una agricultura intensiva y permanente. Siendo la superficie actual de labranza de aproximadamente 746,700 hectáreas, ello significa que se utiliza alrededor del 50% de su extensión potencialmente útil (Ver Gráfico N° 1).

Debido a que la precipitación pluvial es prácticamente nula, la agricultura en la Costa se realiza totalmente por irrigación. Sin embargo, las descargas de los ríos alcanzan una masa media anual de 40,000 millones de metros cúbicos, de la cual unas dos

terceras partes discurren en un corto período de avenidas, cuya mayor proporción se pierde en el mar. Esta circunstancia afecta permanentemente a la agricultura costeña, constituyendo uno de los factores de la baja productividad. Aparte de ello, las prácticas actuales de manejo del agua de riego acusan casi en forma general, notorias deficiencias, produciéndose cuantiosas pérdidas de agua. La finalidad del Proyecto, en este aspecto, fué la de evaluar las causas de las pérdidas de agua y efectuar las recomendaciones necesarias para evitarlas; así como efectuar planes preliminares de desarrollo hidráulico tendientes a la ampliación de las áreas actualmente bajo cultivo; y la de evaluar y proponer obras de recuperación de tierras afectadas por la salinidad y el mal drenaje dentro de los valles irrigados.

### 3. METODOS DE EVALUACION

Los métodos empleados por ONERN para la evaluación de los problemas de salinidad y/o drenaje en los suelos de la Costa peruana, se ciñen esencialmente a los criterios establecidos por el Manual de Agricultura N° 60 "Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos", y al "Manual de Levantamiento de Suelos", ambos elaborados por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América.

De acuerdo a la experiencia obtenida durante el reconocimiento preliminar efectuado por ONERN en 1963 en los valles de la Costa Sur, se introdujeron algunas mejoras y criterios originales en las escalas de clasificación propuestas por los manuales antes mencionados, las mismas que se detallarán más adelante.

#### 3.1 Suelos Salinos y Condiciones de Drenaje

##### 3.1.1 Evaluación de la Salinidad

La evaluación de la salinidad, tanto en los valles como en las pampas, se realizó a partir de un previo estudio agrológico. Para el caso de los valles, se identificaron series y fases salinas, clasificándose luego la salinidad de acuerdo a la escala propuesta por el Manual N° 60. Así, los suelos fueron clasificados como Normales, Salinos, Salino-Sódicos y Sódicos (Ver Cuadro N° 1). Casi la totalidad de los suelos estudiados hasta el presente, se encuentra incluida en los dos primeros grupos.

Posteriormente, la salinidad se calificó de acuerdo a los criterios establecidos en el Manual de Levantamiento de Suelos. Se tiene así, suelos de salinidad baja, ligera, moderada, fuerte, muy fuerte y excesiva (Ver Cuadro N° 2).

CUADRO N° 1

Clasificación	Conductividad Eléctrica (mmhos. x cm. a 25° C )	pH	Porcentaje de Sodio Intercambiable (%)
Suelos Normales	menor de 4	menor de 8.5	menor de 15
Suelos Salinos	mayor de 4	menor de 8.5	menor de 15
Suelos salino - sódicos	mayor de 4	mayor o menor de 8.5	mayor de 15
Suelos Sódicos No Salinos	menor de 4	mayor de 8.5	mayor de 15

CUADRO N° 2  
CALIFICACION DE LA SALINIDAD DE LOS SUELOS

GRADO	SALINIDAD APROXIMADA (%)	CONDUCTIVIDAD DEL EXTRACTO (Milimhos x cm. a 25° C)
Baja	0 - 0.15	0 - 4
Ligera	0.15 - 0.35	4 - 8
Moderada	0.35 - 0.65	8 - 15
Fuerte	0.65 - 1.30	15 - 30
Muy Fuerte	1.30 - 2.15	30 - 50
Excesiva	más de 2.15	más de 50

Se apreciará que los dos últimos grados de salinidad han sido añadidos a la escala propuesta por el Manual de Levantamiento de Suelos, que considera el grado de "fuerte" como el máximo. Sin embargo, de acuerdo a la experiencia obtenida en el Perú, en vista que existen cultivos tales como el algodón, cuya rusticidad les permite desarrollar en suelos muy salinos con resultados relativamente satisfactorios, fué que se consideró la necesidad de complementar el Cuadro en la forma que se expone.

El establecimiento de un criterio adicional, muy útil para el mapeo y la clasificación de los suelos salinos, fué considerado conveniente por ONERN en el desarrollo de su Proyecto: se trata de la clasificación general de los suelos salinos en "suelos de salinidad incipiente" y "suelos de salinidad evidente". Los primeros son aquellos suelos que no manifiestan síntomas visibles de presencia de sales. En muchos de ellos, los cultivos desarrollan sin problemas aparentes, encontrándose la salinidad disimulada ante la vista del edafólogo, demostmando sin embargo, su tenor de sales en el laboratorio. Estos suelos generalmente no conllevan problemas de drenaje y su salinidad rara vez llega a ser mayor de 15 milimhos x cm.

Los suelos de "salinidad evidente", son aquellos que demuestran claramente la presencia de sales, ya sea bajo la forma de afloramientos costrosos o manchas salinas. Por lo general, estos suelos conllevan problemas de drenaje y su salinidad es variable, llegando a niveles excesivos.

Dentro de las zonas afectadas por las sales en los valles ha sido posible considerar, en forma general, los compuestos salinos dominantes así como el contenido de Boro.

En el estudio agrológico de las pampas eriazas, la escala de trabajo empleada no permitió clasificar la salinidad. Por lo tanto, el conocimiento de la presencia de sales se basa en la Clasificación taxonómica de los suelos, al nivel de los Grandes Grupos y fases de Grandes Grupos.

### 3.1.2 Evaluación de las Condiciones de Drenaje

Desde el punto de vista edafológico, las condiciones de drenaje fueron evaluadas de acuerdo a los criterios que para tales efectos establece el "Manual de Levantamiento de Suelos". Se tiene así, suelos de drenaje bueno, moderado, imperfecto, pobre y muy pobre (Ver Cuadro N° 3).

CUADRO N° 3

#### CALIFICACION DE LOS PROBLEMAS DE DRENAJE

GRADO	PROFUNDIDAD DE LA TABLA DE AGUA
Drenaje bueno	Más de 1.80 mts.
" moderado	1.80 - 1.30 mts.
" imperfecto	1.30 - 0.75 mts.
" pobre	0.75 - 0.30 mts.
" muy pobre	menos de 0.30 mts.

La experiencia de campo que se ha obtenido ha llevado a identificar, sin necesidad de hacer barrenamientos ni mediciones de la altura de la tabla de agua subterránea, los últimos 3 grados de drenaje.

Como los problemas de salinidad generalmente coexisten con los problemas de mal drenaje, presentando notables variaciones dentro de las zonas afectadas, y con el fin de lograr un mayor grado de seguridad en la calificación de los problemas, se acostumbra presentar los resultados empleando el sistema de rangos. Se tiene así, por ejemplo: "Suelos salinos, de salinidad evidente, moderada a fuerte y drenaje imperfecto a pobre". Este sistema evita ofrecer datos de exactitud dudosa, y permite el mejor empleo de los mapas de salinidad por parte de los técnicos en drenaje.

### 3.2 Apoyo Cartográfico

El proceso de la evaluación de las condiciones de salinidad y/o drenaje de los suelos de la Costa peruana, se vió favorecido por un valioso apoyo cartográfico, que consistió en mapas fisiográficos de los valles, los cuales sirvieron de mapas - base para los previos estudios de suelos, dada la íntima y estrecha relación que existe entre las unidades fisiográficas y las características de los suelos que involucran. Estos mapas fisiográficos, a su vez, fueron el resultado de la foto-interpretación de pares estereoscópicos de escala variable, según los valles.

En los últimos años, se ha recurrido también, como fuente de información para la elaboración de los mapas - base de los valles, a mapas catastrales de restitución fotogramétrica, de escala amplia. Con el apoyo de estos mapas, y de las fotografías aéreas, se ha obtenido un mayor grado de seguridad en la presentación de los resultados.

Para el estudio de las pampas eriazas, las fuentes de información cartográfica las constituyeron mosaicos aerofotográficos controlados, y la Carta Geográfica Nacional.

## 4. RESULTADOS OBTENIDOS

El Proyecto de Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa, se encuentra avanzado en sus dos terceras partes. Es así como, unas 465,000 Ha. repartidas en 39 valles, y cerca de 1'500,000 Ha. distribuidas en 200 pampas, han sido estudiadas ya (Ver Gráficos Nos. 2 y 3).

Los resultados obtenidos hasta el presente, hacen suponer que existe algo más de las 200,000 hectáreas señaladas años atrás por Klinge (G) y Stuard Fox (J) como afectadas por la salinidad.

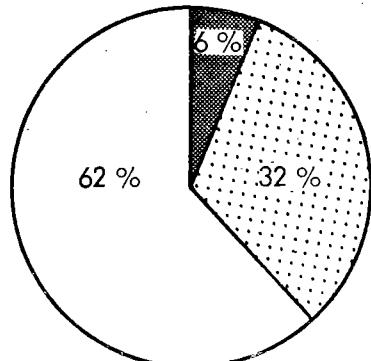
Los estudios realizados por ONERN han permitido delimitar las áreas afectadas por la salinidad y el mal drenaje, así como clasificar y calificar los problemas encontrados, lo cual constituye el elemento base para la búsqueda de posibles y necesarias soluciones. La información obtenida ha sido reproducida en mapas, cuyo diseño se encuentra basado en la mejor información cartográfica disponible.

Así mismo, merced a los estudios realizados, ha sido posible identificar la presencia de Boro en cantidades excesivas en la mayoría de los suelos salinos estudiados, y también en ciertos suelos Normales, lo cual ha abierto las puertas para la realización de investigaciones concernientes a este elemento y sus relaciones con los cultivos.

### 4.1 La Salinidad en los Valles

Para una mejor apreciación de los resultados obtenidos en los valles, se ha elaborado el Cuadro N° 4, en el que se presenta una relación de los valles estudiados por ONERN,

SUPERFICIE DE LA COSTA PERUANA

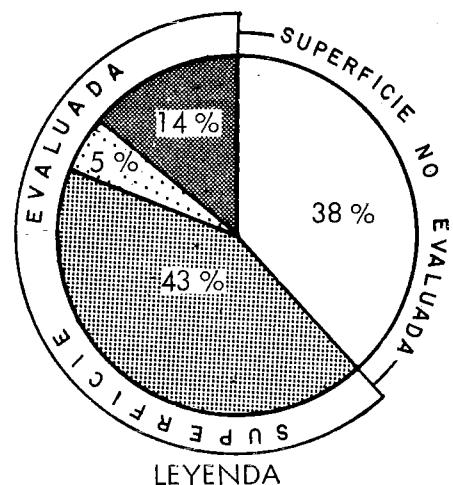


LEYENDA

Superficie total	13'600,000 Ha.
Valles	746,700 Ha.
Pampas	4'400,000 Ha.
Cerro y otras áreas	8'453,800 Ha.

GRAFICO 1

SUPERFICIE ESTUDIADA DE LOS VALLES DE LA COSTA CON RELACION A LA SALINIDAD

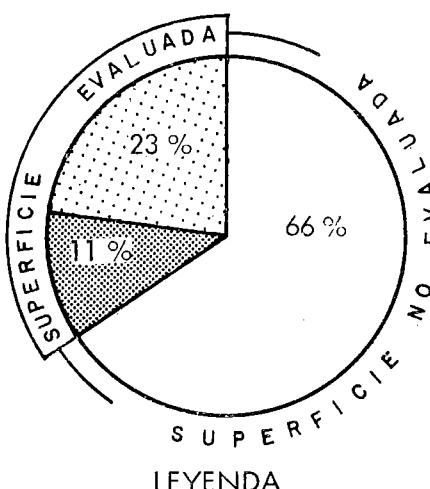


LEYENDA

Superficie total	746,700 Ha.
Superficie no evaluada	281,747 Ha.
Suelos no afectados (normales y no considerados)	318,592 Ha.
Suelos salinos, de salinidad incipiente	37,734 Ha.
Suelos salinos, de salinidad evidente	108,627 Ha.

GRAFICO 3

SUPERFICIE ESTUDIADA DE LAS PAMPAS DE LA COSTA, CON RELACION A LA SALINIDAD



LEYENDA

Superficie total	4'400,000 Ha.
Superficie no evaluada	2'909,340 Ha.
Suelos no afectados (normales y otros)	463,680 Ha.
Suelos salinos	1'026,980 Ha.

## CUADRO N° 4

SUPERFICIE AFECTADA POR LAS SALES EN LOS VALLES DE LA COSTA  
EVALUADOS HASTA EL PRESENTE POR ONERN

VALLES	Superficie evaluada (Has.)	Superficie cultivada (Has.)	Suelos con salinidad incipiente (Has.)	Suelos con salinidad evidente (Has.)	TOTAL AFECTADO (Has.)	%
Chicama	71,592	71,592	4,820	21,352	26,172	37
Moche	10,447	10,447	419	419	838	8
Virú	12,181	11,119	131	1,530	1,661	15
Chao	10,313	7,288	1,960	3,285	5,245	72
Santa y Lacramarca	17,993	14,985	-	3,336	3,336	22
Nepeña	14,619	11,425	-	4,065	4,065	36
Casma	12,110	9,257	-	2,237	2,237	24
Culebras	2,612	1,332	170	45	215	16
Huarmey	4,581	3,175	-	1,271	1,271	40
Fortaleza, Pativilca y Supe	27,828	24,265	3,079	4,007	7,086	29
Chancay - Huaral	32,836	20,948	275	3,461	3,736	18
Chillón	9,924	8,662	210	475	685	8
Lurín	5,206	3,548	860	1,608	2,468	70
Chilca	2,896	1,880	248	871	1,119	60
Mala	6,453	5,336	885	3,789	4,674	88
Asia - Omas	3,550	2,605	100	1,300	1,400	54
Cañete	27,955	26,373	10,261	5,455	15,716	60
Topará	692	652	-	-	-	-
San Juan (Chincha)	30,150	27,660	800	5,060	5,860	21
Pisco	24,743	22,546	3,166	10,831	13,997	62
Ica	34,859	33,166	4,898	2,468	7,366	22
Río Grande	23,879	17,599	-	1,688	1,688	10
Acarí	6,510	5,042	-	964	964	19
Yauca	3,261	1,529	559	409	968	63
Indio Muerto	786	648	268	161	429	66
Cháparra	2,125	1,062	33	83	116	11
Atico	167	140	-	6	6	4
Caravelí	747	564	48	-	48	9
Pescadores	57	40	25	15	40	100
Ocoña	1,384	782	62	540	602	80
Majes	9,609	6,289	595	3,018	3,613	57
Camaná	7,479	6,003	300	4,878	5,178	86
Chili	-	-	-	-	-	-
Vítor	6,535	5,562	740	1,038	1,778	32
Siguas	3,153	2,633	51	512	563	21
Quilca	549	302	135	48	183	61
Tambo	14,011	10,404	1,468	4,917	6,385	61
Moquegua	2,810	2,211	135	81	216	10
Ilo	514	378	170	208	378	100
Locumba	4,389	3,210	31	3,179	3,210	100
Sama	4,475	2,896	-	2,896	2,896	100
Caplina	8,973	7,953	832	7,121	7,953	100
TOTAL : 39 valles	464,953	393,508	37,734	108,627	146,361	37

de Norte a Sur de la Costa peruana. En dicho Cuadro, se señala la superficie evauada y la superficie de cultivo de cada valle, así como las superficies correspondientes a suelos en donde se ha detectado salinidad incipiente y salinidad evidente. En la columna final, se presenta el total afectado por valle, el cual corresponde a la suma de las superficies afectadas con salinidad incipiente y evidente, así como el porcentaje de afectación. Este último ha sido tomado con respecto a la superficie de cultivo. Es necesario distinguir que las diferencias entre superficie evaluada y superficie de cultivo, corresponden a áreas de suelos no aptos para uso agrícola, tales como cerros, cauces de río, dunas, áreas de playa, etc.

El Cuadro que se describe, ha sido objetivizado en el Gráfico N° 4, que se expone a continuación del mismo, y en el cual las extensiones de suelos normales y afectados (tanto con salinidad incipiente como evidente), se hayan referidos a porcentaje.

Resumiendo los datos totales que expone el Cuadro N° 4, se concluye en que sobre un total de tierras evaluadas en 39 valles, correspondiente a 464,953 Ha., existen 393,508 Ha. cultivadas, de las cuales 37,734 Ha. corresponden a suelos afectados con salinidad incipiente, y 108,627 Ha. corresponden a suelos afectados con salinidad evidente, lo cual hace una superficie total afectada de 146,361 Ha. que representan el 37 % del área evaluada afectada.

Las cifras totales expuestas en el Cuadro N° 4, necesitan ser complementadas con los datos de 13 valles restantes, entre los que se encuentran los más extensos de la Costa peruana, como es el caso de Piura y Chancay - La Leche, entre otros, que se distinguen por presentar gran parte de su superficie afectada por las condiciones de salinidad y mal drenaje.

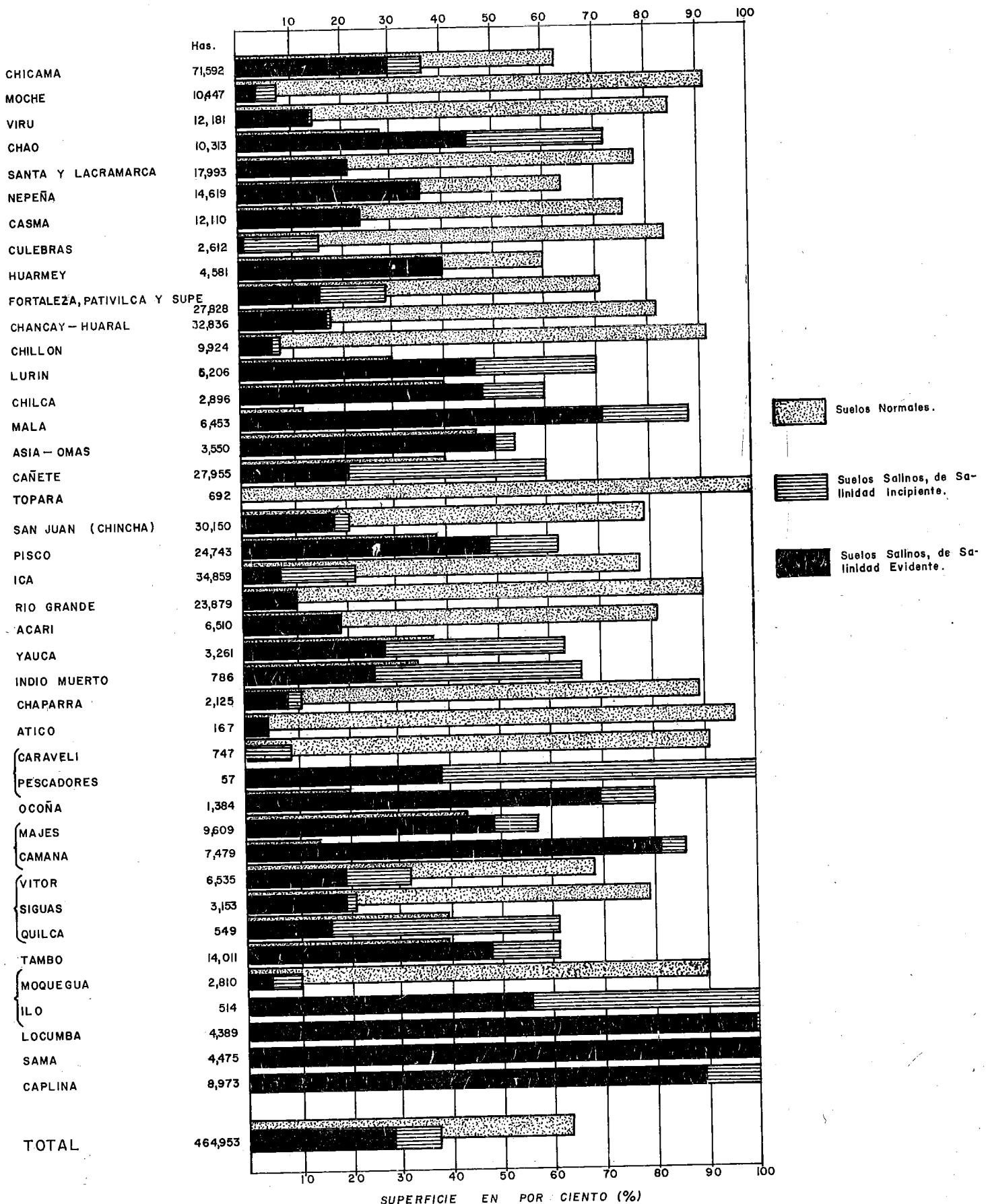
#### 4.2 La Salinidad en las Pampas

Al igual que para el caso de los valles, se ha preferido ofrecer los resultados de la evaluación de la salinidad en las pampas, en un Cuadro, en el que se exponen los datos en forma global, presentando el número de pampas aledañas a cada cuenca o grupo de cuencas costeras estudiadas, conjuntamente con la superficie total estudiada, la superficie afectada, y el porcentaje que ésta representa sobre la superficie estudiada (Ver Cuadro N° 5).

Sin embargo, cabe hacer presente que de ningún modo la superficie no afectada por las sales significa la posibilidad de su uso agrícola, debido a que conjuntamente con las tierras sin problemas de salinidad, se incluye también suelos con otras limitaciones que los hacen agrícolamente inadecuados (tales como la presencia de elevada cantidad de piedras, problemas topográficos, etc.).

### GRAFICO N° 4

PORCENTAJE APROXIMADO DE LOS SUELOS SALINOS EN LOS VALLES DE LA COSTA  
EVALUADOS POR O. N. E. R. N.



## CUADRO N° 5

## SUPERFICIE AFECTADA POR LAS SALES EN LAS PAMPAS ERIZAS DE LA COSTA EVALUADAS HASTA EL PRESENTE POR ONERN

CUENCAS	Cantidad de pampas evaluadas	Superficie estudiada (Has.)	Superficie afectada (Has.)	% afectado
Chicama	9	50,620	1,000	2
Moche, Virú y Chao	19	99,400	17,980	18
Santa, Lacramarca, Nepeña, Casma, Culebras y Huarmey	31	104,770	34,625	33
Fortaleza, Pativilca y Supe	16	35,000	18,190	52
Chancay - Huaral	4	6,420	3,430	53
Chillón, Lurín y Chilca	7	13,440	13,005	97
Cañete	7	31,300	30,100	96
Topará y San Juan	2	24,720	24,720	100
Pisco	5	106,800	60,300	56
Ica	5	111,400	69,800	63
Río Grande	7	49,850	42,150	85
Acarí, Yauca, Indio Muerto y Cháparra	24	117,595	99,475	85
Atico, Caravelí - Pescadores y Ocoña	6	18,655	18,655	100
Majes - Camaná	17	126,990	107,450	85
Quilca y Tambo	15	335,700	297,100	89
Osmore, Locumba, Sama y Caplina.	26	258,000	189,000	73
<b>T O T A L</b>	<b>200</b>	<b>1'490,660</b>	<b>1'026,980</b>	<b>69</b>

#### 4.3 El Problema del Boro

Sobre este particular, los resultados han sido muy significativos, pudiéndose resumir en cuatro (4) conclusiones principales :

- La comprobación de la estrecha relación existente entre la presencia del Boro y el origen volcánico de los suelos. Se puede decir al respecto, que los valles que demuestren mayores proporciones de Boro en sus suelos (nómadas y salinos) son los ubicados en los Departamentos de Ancash (Santa, Lacramarca, Nepeña, Casma y Huarmey); Arequipa (Acarí, Yauca, Indio Muerto, Cháparra, Atico, Caravelí - Pescadores, Ocoña, Majes - Camaná, Chili - Vitor - Siguas - Quilca y Tambo); Moquegua (Moquegua - Ilo); y Tacna (Locumba, Sama y Caplina).
- La presencia del Boro en la mayor parte de los suelos salinos de otros valles estudiados.
- La presencia del Boro en la mayoría de los suelos salinos de las pampas.
- La falta de operatividad, para las condiciones de los suelos de la Costa peruana (muy ricos en Calcio y en Potasio), de los límites de afectación propuestos por el Laboratorio de Salinidad de los EE.UU. Se ve así suelos (como los del valle del Santa o los de la campiña arequipeña), de excelente calidad que origina altos rendimientos en los cultivos, y que al mismo tiempo presentan concentraciones de Boro 5 a 20 veces superiores al límite mayor de afectación propuesto por el Laboratorio de Salinidad de los EE.UU.

Estos son, a grandes rasgos, los principales resultados que se han obtenido dentro de la etapa evaluativa del problema de la salinidad en los valles y pampas de la Costa peruana, al cabo de 5 años de iniciados los primeros estudios. Estos resultados están siendo ya aprovechados por el mismo Gobierno Peruano, para el estudio de la recuperación de las tierras afectadas, a través de la Sub-Dirección de Recuperación de Tierras (SUDRET), organismo perteneciente a la Dirección General de Aguas del Ministerio de Agricultura.

#### 5. CONCLUSIONES

- 5.1 La evaluación de las condiciones de salinidad y/o drenaje de los suelos de los 52 valles de la Costa, que está llevando a cabo ONERN, ha permitido hasta el presente el estudio de 464,953 Ha. de suelos distribuidas en 39 valles.
- 5.2 De esa cantidad, se ha reconocido como cultivable una superficie de 393,508 Ha., de las cuales 146,361 Ha. (37%) se encuentran afectadas con problemas de diverso grado de salinidad y/o drenaje.

- 5.3 Dentro de las 200 pampas eriazas estudiadas por ONERN, se ha recogido 1'490,660 Ha., de las cuales 1'026,980 Ha. presentan problemas de salinidad de diverso grado de intensidad.(69) .
- 5.4 La existencia de cantidades de Boro superiores al límite mayor de afectación propuesto por el Laboratorio de Salinidad de los EE.UU., ha sido detectada en la mayoría de los suelos salinos de los valles y pampas, así como en los suelos normales de valles que se derivan de materiales de arrastre de origen volcánico.

\*\*\*\* o \*\*\*\*

## BIBLIOGRAFIA

---

- COMITE PERUANO DE ZONAS ARIDAS
- 
- "Informe Sobre las Zonas Aridas" - Lima, Perú , 1963
- "Reseña Sobre los Suelos, Capacidad de Uso y Agricultura de las Tierras de los Desiertos Costeros" - ONERN y Servicio de Investigación y Promoción Agraria (SIPA), Lima, Perú, 1967 .
- DPTO. DE AGRICULTURA DE LOS EE.UU.
- 
- "Manual N° 60: Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos" - 1a. Edición en español - México, 1962.
- "Manual N° 18 : Levantamiento de Suelos"- 1a. Edición en español - Caracas, 1965.
- ESTRADA (J) y MASSON MEISS (L)
- 
- "Plan de Investigación Sobre el Boro Presente en los Suelos del Perú" - ONERN y Universidad Nacional Agraria de La Molina, Lima , Perú, 1971.
- LIZARRAGA (J) y MASSON MEISS (L)
- 
- "Algunas Tentativas y Proyectos para el Desarrollo de la Costa Arida Peruana" - ONERN, Lima, Perú, 1973 .

LOSTAO (J)

"El CENDRET y la Recuperación de Tierras en la Costa del Perú" - International Institute for Land Reclamation and Improvement, Annual Report - 1971, p. 17 - 26, Wageningen, The Nether lands.

MASSON MEISS (L)

"Algunos Problemas Relacionados con la Salinidad en los Valles de la Costa Sur" - ONERN, Lima, 1967.

"Evaluación y Mapeo de los Suelos Salinos en el Perú" - ONERN, Lima, Perú, 1972.

"Los Problemas de Salinidad en el Perú" - ONERN, Lima, Perú, 1973.

ONERN

"Los Cambios Fundamentales en la Ocupación del Espacio Económico" - Lima, Perú, 1970

"Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa, Cuenca del río Chancay - Huaral" - Lima, Perú, 1969.

"Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa : Cuenca del río Cañete" - Lima, Perú, 1970.

"Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa: Cuenca de los ríos San Juan (Chincha y Topara)" - Lima, Perú, 1970.

"Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa : Cuenca del río Pisco" - Lima, Perú, 1971.

"Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa: Cuenca del río Líca" - Lima, Perú, 1971.

"Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa: Cuenca del río Grande" - Lima, Perú, 1971.

"Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa: Cuencas de los ríos Santa, Lacramarca y Nepeña" - Lima, Perú, 1972.

"Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa: Cuencas de los ríos Casma, Culebras y Huarmey" - Lima, Perú, 1972.

## ONERN

---

---

---

---

---

---

## ZAMORA (C)

"Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa: Cuencas de los ríos Fortaleza, Pativilca y Supe" - Lima, Perú, 1972.

"Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa: Cuenca del río Chicama" - Lima, Perú, 1973.

"Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa: Cuencas de los ríos Moché, Virú y Chao" - Lima, Perú (en publicación).

"Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa: Cuencas de los ríos Acarí, Yauca, Indio Muerto y Cháparra" - Lima, Perú, (en publicación).

"Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa: Cuencas de los ríos Atico, Caravelí= Pescadores y Ocoña" - Lima, Perú (en preparación).

"Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa: Cuenca del río Majes - Camaná" - Lima, Perú, (en preparación).

"Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa: Cuencas de los ríos Quilca y Tambo" - Lima, Perú (en preparación).

"Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa: Cuencas de los ríos Osmore, Locumba, Sama y Caplina" - Lima, Perú (en preparación).

"Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa: Cuencas de los valles componentes del Sistema Marcapomacocha" - Lima, Perú (en preparación).

"Algunos Criterios Básicos para Estudios de Suelos" Ministerio de Agricultura, Servicio de Investigación y Promoción Agraria (SIPA), Lima, Perú, 1961.

# EL BORO EN LOS SUELOS DE LA COSTA PERUANA Y SU POSIBLE EFECTO EN LOS CULTIVOS.

J. A. Estrada \*

R. Bazán T. \*

L. Masson M. \*\*

## 1.- INTRODUCCION

En el Perú se ha encontrado que existen suelos con deficiencia en Boro, tales como los de la selva (región tropical), sujetos a intensa lixiviación. Otros por el contrario, como los de la costa, presentan exceso o altas concentraciones de Boro (I, II) soluble en agua caliente, que de acuerdo a la literatura (14) se consideran como suelos que presentan limitaciones para el normal desarrollo de los cultivos.

La presencia de excesos de este elemento, que se observa en gran parte de los suelos de la costa, pueden ser dadas a:

- a.- La presencia de materiales parentales de origen volcánico o de origen marino, portadores generalmente de Boro, sobre los cuales se han desarrollado dichos suelos.
- b.- El agua de irrigación y las aguas subterráneas que riegan estos suelos, que llevan cierto contenido de Boro, y que unidos a un mal drenaje pueden dar lugar a la acumulación de este elemento.

En nuestro medio no se ha evaluado el efecto adverso que puede ocasionar las altas concentraciones de Boro en el desarrollo de los cultivos, ni el área afectada. Sin embargo, la inquietud por el conocimiento de la presencia de Boro en el Perú, se remonta a los trabajos del sabio A. Raymond, cuando él menciona la existencia de Bo-

\* Profesores del Departamento de Suelos y Geología. Programa Académico de Agronomía. Universidad Nacional Agraria "La Molina".

\*\* Especialista en Suelos. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN) Lima.

ronatrocacita al sur de Arequipa.

Teniendo en cuenta la evidencia de que el Boro por encima de cierta concentración puede convertirse en un elemento altamente negativo para el crecimiento y buen rendimiento de las plantas, los objetivos de este trabajo son presentar una primera aproximación del área afectada, los rangos de concentración y establecer la correlación que pueda existir entre el valor de la Conductividad Eléctrica (CE) en el extracto de saturación y el Boro soluble en agua caliente, (en un siguiente artículo se estudiará la concentración de Boro en el extracto de saturación) en algunos valles de la costa peruana.

## 2.- REVISIÓN DE LITERATURA

Los problemas nutricionales de los cultivos que se atribuyen a los suelos pueden dividirse en dos clases: deficiencias, las que normalmente son el caso más común y excesos de ciertos elementos en el suelo. Estos niveles influencian el desarrollo de las plantas que en él crecen. Con relación a los niveles de exceso, y específicamente con el Boro (B), poco se ha estudiado en nuestro país; sin embargo, la literatura menciona el interés que han mostrado diferentes investigadores. Así, el sabio Hayondi (9) señaló la existencia de B en forma de Boronatrocacita. Steinmann (15) en su libro de Geología, menciona los depósitos de Boronatrocacita entre los límites de Arequipa y Moquegua, en zonas rodeadas de volcanes.

A partir de 1918 hasta 1951, diversos autores mencionan la presencia de B en las aguas de los ríos de Arequipa y Tumbes (9). En el año de 1963, la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (CNERN) inició el diagnóstico preliminar de los suelos y aguas de los valles de la costa sur. En este estudio se involucró la determinación de B disponible. Como resultado se encontró que en el Laboratorio de Salinidad de Riverside (14), llegando a comprobarse concentraciones tan altas como 1500 ppm (10). Actualmente los estudios continúan en otros valles de la costa.

Con respecto a las concentraciones altas de nutrimentos en el suelo y su efecto en el desarrollo de las plantas, los síntomas visuales constituyen valiosos elementos para poder identificar dichos efectos, ya sean éstos provenientes de uno o varios elementos, o si es que la sintomatología se debe a problemas fitosanitarios. La literatura señala que la toxicidad del B se caracteriza por clorosis y necrosis marginal (1, 2, 12). Esta localización se debería a que el B se mueve en la planta a través de la corriente de transpiración y tiende a acumularse en la zona donde termina el sistema vascular de la hoja una vez sufrida la pérdida de agua por transpiración. Esto ocurre generalmente en los extremos y bordes de la hoja. Todo lo cual constituirá un aspecto importante para relacionar la cantidad de Boro en el suelo, con la concentración foliar y los síntomas visuales de la planta debidos a excesos de este elemento.

Gety (6) informó sobre la baja de los rendimientos de la caña de azúcar en el valle de Tambo (Arequipa), originando una gran polémica sobre los agentes causantes de esta disminución. Pero, los síntomas externos de la plantación, nos han permitido sostener que ello se debería a un efecto tóxico probable de B. Sobre este mismo aspecto, Bravo (3) informó sobre los posibles efectos tóxicos de B, encontrando síntomas caracterizados por clorosis y necrosis marginal, que pueden ser ocasionados por una alta concentración de este elemento.

Razan y Estrada (1) estudiando el efecto del B en condiciones de invernadero, reprodujeron los síntomas de toxicidad indicados por Cerli y Khol (12). En cultivos de maíz, trigo y alfalfa, éstos síntomas se manifestaron en las plantas que recibieron más de 4 ppm. de B.

La tolerancia a altas concentraciones de B que aparentemente presentan algunos cultivos de la costa peruana (algodón, maíz, etc.), debe estar relacionada a pH elevado y a concentraciones altas de Ca presentes en estos suelos, tal como lo ha demostrado Fox (4), quien trabajando en condiciones de invernadero y utilizando arena de cuarzo y soluciones nutritivas, encontró que elevando el pH y las concentraciones de Ca, la absorción de B por las plantas de algodón, a partir de las soluciones con altas concentracio-

nes de B fue disminuida en 50%. Sin embargo, una investigación posterior realizada por Fox (5), utilizando suelos de la costa sur del Perú con altas concentraciones de B, encontró que el rendimiento de los cultivos de maíz, algodón y alfalfa fue disminuido significativamente cuando se desarrollaron en suelos con un contenido mayor de 55 ppm. de B soluble en agua caliente, con un alto **tenor** de sales.

Un parámetro en la caracterización química de los suelos es la Conductividad Eléctrica (CE) la cual nos da el criterio para calificar a los suelos como no-salinos (normales) y salinos. En el Simposio sobre Salinidad realizada en la UNA "La Molina" (8), la mayoría de los investigadores indicaron la presencia de sales y B en los suelos de la costa peruana. Como la presencia de valores relativamente elevados de B en el suelo se presenta generalmente en suelos con apreciable tenor de sales, algunos investigadores hdc tratado de encontrar alguna correlación entre los parámetros de salinidad y los niveles de B.- Así podemos mencionar el trabajo de Paliwal y Anjaneyulu (13) (INDIA), quienes encontraron para suelos Salino-Sódicos, ciertas correlaciones positivas entre la CE-B; B-RAS\* B-Arcilla más Limo. En este caso tanto el B como la CE, fueron determinados en el extracto de saturación.

De todas estas investigaciones, se puede concluir que en nuestro medio no se conoce en forma precisa cuales son los niveles críticos en la planta, ni los rangos de concentración en los diferentes valles de la costa, y falta aún mucho estudiar la sintomatología de la toxicidad del B para las diferentes especies vegetales cultivadas.

### 3.- MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Muestras de Suelos.-

Las muestras de suelos fueron recolectadas por ONER en diferentes valles y pampas de la costa peruana. Estas fueron analizadas en los Laboratorios del Departamento de Suelos y Geología de la UNA, "La Molina".

\* RAS.- Razón de Adsorción del sodio.

### 3.1.1 Características Generales de Suelos.-

Todos estos suelos están ubicados en la región edáfica Yermosólica (16). Abarcan amplias planicies sedimentarias, cerros y colinas bajas, terrazas marinas elevadas y numerosos valles aluviales que lo cruzan de este a oeste. La zona sur de esta región está caracterizada por suelos derivados en ceniza volcánica. El potencial agrícola, se centra en los fluvisoles de los valles aluviales bajo riego y los suelos de las planicies, conforman las futuras tierras de expansión de la agricultura. Los suelos más representativos de esta región están descritos, por Zamora (16), dentro del sistema FAO de clasificación como Yermosoles, Regosoles, Litosoles, Fluvisoles, Solonchaks, y Andosoles víyricos.

### 3.1.2 Suelos Estudiados.-

Para fines del estudio se muestrearon suelos de 31 valles que se encuentran comprendidos entre los de Nepeña y Tacna, con una superficie aproximada de 422,840 Has. Dentro de esta superficie se encuentran también comprendidas áreas denominadas pampas. Los valles seleccionados para los estudios de correlación entre el valor de la CE y el B soluble, fueron: el Valle de Nepeña, con una superficie aproximada de 14,600 Has.; el valle de Ica con aproximadamente 35,000 Has; las pampas comprendidas entre Acarí y Ocoña, con una superficie aproximada de 13,500 Has, y el Valle de Chili, Arequipa, con una área aproximada de 3,500 Has. Los valles comprenden superficies cultivadas, mientras que las pampas no.

### 3.2 Métodos

La CE, fué determinada en el extracto de saturación utilizando una celda eléctrica o salómetro. El B, fué extraído mediante ebullición con agua durante 5 minutos y posteriormente desarrollado el color mediante el procedimiento del Cromo Sulfúrico, utilizando material libre de B. (14).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los suelos de las áreas muestreados presentan contenidos variables de B, los que fluctúan desde 1 hasta 1500 pp. Estos datos son presentados en el Cuadro

1. Puede apreciarse que el porcentaje de superficie afectada por B en cada zona muestreada es variable. Este porcentaje fluctúa entre 5 ó 100 %, tal como ocurre en Noche, y Sama y Quilca respectivamente. Si agrupamos las zonas muestreadas, podemos apreciar que tanto las de la parte sur, comprendidas entre

CUADRO 1. VALLES Y PAMPAS DE LA COSTA AFECTADOS POR BORO

Valle o Pampa	Superficie Eva Iuada Has. *	Superficie Afec- tada %	Rango de Boro ppm
1. Chicama	71,592	25	1 -- 110
2. Moche	10,447	5	1 -- 20
3. Santa y Lacra- marca	17,993	80	4 -- 100
4. Nepeña1	14,610	80	1 -- 30
5. Casma y Sechín	12,120	80	2 -- 5
6. Culebras	2,612	80	3 -- 5
7. Huariney	4,581	80	2 -- 20
8. Pativilca	27,828	10	1 -- 10
9. Chancay y Hua- ral	32,836	15	2 -- 35
10. Río Grande	23,679	10	1 -- 70
11. Pampas de;Ancón, Ventanilla, Malan- che, San Bartolo y Chilca	**	**	1 -- 70
12. Cañete	17,955	55	1 -- 60
13. Chincha	30,150	15	1 -- 35
14. Pisco	24,743	45	1 -- 20
15. Ica	34,859	10	1 -- 20
16. Acarí	4,947	30	1 -- 60
17. Yauca	1,526	70	1 -- 75
18. Ocoña	680	60	1 -- 20
19. Camaná	5,830	80	1 -- 40
20. Majes	6,215	70	1 -- 220
21. Quilca	130	100	1 -- 10
22. Siguas	2,230	50	1 -- 15
23. Vítor	4,845	60	1 -- 50
24. Tambo	9,205	60	1 -- 20
25. Moquegua	3,310	20	1 -- 30
26. Iocumba	4,425	80	1 -- 100
27. Sama	4,268	100	4 -- 1,500
28. Tacna	37,737	90	1 -- 80

\* Superficie aproximada

\*\* Trabajos en procesamiento

Acarí y Tacna, como la de la parte norte comprendidos entre Supé, Santa y Lacra marca , el porcentaje de superficie afectada por B , en ambas y de acuerdo al manual de salinidad (14), fue generalmente mayor del 60 % , mientras que el área comprendida en los otros lugares presentan una superficie afectada que fructúa entre 5 a 60 %.

Con estos datos , se ha confeccionado la primera aproximación -- del mapa de área afectadas por el B en la costa del Perú . En el cual se muestra -- la presencia de B en cantidades variables en casi todos los suelos de la costa. Es- evidente que esta presencia de B , está relacionada directamente con el origen -- del material parental de estos suelos , ya que la mayoría de ellos derivan de depo- siciones volcánicas y de deposiciones de origen marino (16) los cuales dentro de -- su composición mineralógica presentarían minerales portadores de B , especial -- mente Turmalina ( $Mg_7Al_6(Al,Fe)_4(BO_3)_3Si_6O_18$ ). Sin embargo no debe descartar- se , la acción del agua de los ríos que llevan B en solución (9) y que pueden in- crementar la concentración de B en el suelo.

Con respecto a la concentración de B soluble en agua caliente esta fue variable oscilando las concentraciones entre 0.1 ppm. hasta valores ex- tremos de 1500 ppm. como en el valle de Sama, pero, en forma general se ha- llan valores más bajos que el extremo superior y que fructuaron entre 0.1 a 5; -- 0.1 a 30 y 0.1 a 100 ppm. Desde el punto de vista de la susceptibilidad de los- cultivos , y tomando como nivel crítico el señalado por el Laboratorio de Salini- dad de Riverside USA (14), estos suelos deben ser definitivamente considerados como suelos con alto contenido en B . Sin embargo algunas investigaciones al - respecto (3,5) han encontrado poca evidencia de los síntomas de toxicidad en- los cultivos que se desarrollan sobre dichos suelos, o síntomas muy ligeros sobre el follaje , más no existe dato alguno concreto sobre el efecto causado en el - rendimiento.

Es evidente que la falta de información sobre el efecto del B en estos suelos , no puedan llevarnos por el momento a un pronunciamiento más definitivo. Bradford (2) refiere que la concentración de B en las plantas tiene que ser mayor de 200 ppm. para dar lugar a un síntoma de toxicidad. La con- centración de B en el tejido vegetal se ve afectado por aspectos químicos y -

físico-químicos que bloquean la absorción de B por las plantas, tal como es el caso de altas concentraciones de Calcio y alto pH (4). Esta situación se presenta comúnmente en los suelos de la costa, y ésto sea quizás lo que contribuya a regular la absorción de B por las plantas que se desarrollan en estos suelos. Sin embargo, Fox (5) estudiando el B en condiciones de invernadero, encontró que los rendimientos de la parte aérea de algodón, alfalfa y maíz no presentaron efecto alguno que fuera estadísticamente significativo cuando crecieron en concentraciones menores de 55 ppm. de B, pero, cuando las concentraciones fueron mayores de 55 ppm., si acusaron un efecto que fue estadísticamente significativo.

De estas observaciones realizadas, se puede deducir que si bien no se presentan muchas veces síntomas de toxicidad, ésto no descarta que el B pueda estar afectando en alguna forma los rendimientos de los cultivos, aunque éstos presenten tolerancia al B. Experimentos de campo, evaluando estos parámetros nos darían una mayor información.

Diversos investigadores (1, 3, 4, 8, 11) han señalado que en los suelos de la costa, los problemas de salinidad están acompañados de la presencia de B. En las variables estudiadas se encontró buena correlación (cuadro 2), para los valles de Nepeña, Ica y Chili. En estos valles cultivados, no se han reportado efectos tóxicos del B, aunque los niveles (cuadro 1), indican concentraciones superiores al límite señalado por el Laboratorio de Salinidad de Riverside USA (14), siendo además suelos considerados como no-salinos. Para el caso de las pampas comprendidas entre Acarí y Ocoña, no se encuentra correlación entre los dos factores en estudio, sin embargo, son suelos salinos en su mayor parte (más de 4 mmhos/cm.) y con contenidos de B que varían hasta 60 ppm.

Lo expuesto anteriormente explicaría el por qué los cultivos que crecen en dichos suelos no sean afectados al nivel de B que actualmente se considera como tóxico. Esta figura interesante se ha presentado en suelos localizados en dos situaciones ecofisiográficas. Una (valles) donde el suelo se encuentra bajo riego y por consiguiente sometidos a cierto lavaje,

y la otra, carente de riego y solo bajo el efecto de las lluvias estacionales, sufriendo por consiguiente una mayor acumulación de sales y exhibiendo una presión iónica más elevada. El hecho de no encontrar correlación significativa en suelos con altos contenidos de sales y B, puede deberse en consecuencia a la interferencia de las altas concentraciones de sales, las cuales bloquean el desarrollo de calor durante el proceso de la determinación del B. Esto nos estaría indicando que en el caso de suelos con alto contenido de sales y carentes de riego, una evaluación adecuada del B sería en el extracto de saturación (13).

#### CUADRO 2. CORRELACION ENTRE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA Y EL BÓRICO SOLUBLE EN AGUA CALIENTE.

LUGAR	Nº MUESTRAS	VALOR DE "r"
Valle de Nepeña	48	0.88**
Valle de Ica	28	0.42 *
Pampas comprendidas entre Acarí y Coaña	52	0.10
Valle de Chili	48	0.88**

#### 4.- CONCLUSIONES

- Del total de área muestrada, se ha encontrado que casi todos los suelos presentan B en cantidades apreciables. En rango de concentración fue muy variable, habiéndose encontrado concentraciones hasta de 1500 ppm. Las cantidades encontradas pueden ser muy dañinas para cultivos sensibles al B, tales como frijol, cítricos, etc.

- Existen áreas donde no solamente el problema es B, si no también la alta concentración de sales, lo cual puede afectar marcadamente los rendimientos de las plantas que en él se desarrollen.

- En los valles cultivados, se ha encontrado correlación entre los dos parámetros estudiados. No así en las pampas, donde existe alta concentración de sales.

## BIBLIOGRAFIA

1. BAZAN, R. Y ESTRADA, J. (1971) La Toxicidad del Boro en los cultivos de maíz, trigo y alfalfa. Primer Congreso Nacional de Investigadores Agrícolas y Pecuarios del Perú. Lima.
2. BRADFORD, G.R. (1966) "Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils USDA. Handbook N°60
3. GRAVO, C. (1968) Posible toxicidad del boro en caña de azúcar. Turrialba. 18: 72-73.
4. FOX, R.H. (1968) Calcium and pH effect on boron uptake. Soil Sci. V. 435-439.
5. ----- (1968) Tolerancia de las plantas de maíz, algodón, alfalfa y frijol a concentraciones altas de boro soluble en agua caliente en los suelos de la costa sur del Perú. Anales Científicos. V. 185-197.
6. GERY, G.J. (1965) Informe sobre una inspección ocular en los cultivos de caña de azúcar en el valle de Tambo, Hda. Chucarapí y otros. M. de Agricultura. Lima.
7. KOHL, H.C. Y OERTLI, J.J. (1961) Distribution of boron in leaves. Plant. Physiol. 36. V. 420-424.
8. INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA. (1966) Simposio sobre Salinidad. IIICA, OEA, Zona Andina, UNA "La Molina". Lima.
9. MALDONADO, A. Y GUEVARA, J. de D. (1951) El boro en las aguas del Perú. Agronomía 65. V. 51-67. (La Molina. Lima)
10. MASSON, L. (1966) Evaluación y mapeo de los suelos salinos en el Perú . Simposio sobre Salinidad IIICA., OEA, Zona Andina, UNA "La Molina". Lima.
11. ----- (1967) Algunos problemas relacionados con la salinidad en los valles de la costa sur. Of. Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN). Lima.

12. CERTEI, J.J. and KOHL, H.C. (1961) Some considerations about the tolerance of various plant species to excessive supplies of boron. *Soil Sci.* 92. V. 243-247.
13. PALIWAL, K.V. and ANJANEYULU, B.S.R. (1968) Water soluble boron in some saline-alkaline soils of Delhi. *Soils Fert.* 31 N°1; 8.
14. RICHARDS, L.A., ed. (1954) Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soil USDA. Handbook N°60.
15. STEINMANN, G. (1930) Geología del Perú. Carl Winters Universitäts Buchhandlung. Bonn.
16. ZAMORA, C. (1971) Regiones Edáficas del Perú. Of. Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN). Lima.