



Aplicación del Programa SIRSD-S en Suelos Agropecuarios del Sur de Chile

Gabriel Cartes Sánchez



www.odepa.gob.cl

Aplicación del Programa SIRSD-S en Suelos Agropecuarios del Sur de Chile
Noviembre 2020

Autor:

Gabriel Cartes Sánchez

Artículo producido y editado por la Oficina de
Estudios y Políticas Agrarias – Odepa. Ministerio de Agricultura

Directora Nacional y Representante Legal: María Emilia Undurraga Marimón

Informaciones:

Centro de Información Silvoagropecuaria, CIS

Valentín Letelier 1339. Código postal 6501970

Teléfono: (56-2) 2397 3000

www.odepa.gob.cl

e-mail: odepa@odepa.gob.cl



ÍNDICE

1. Contexto general
2. Tipos de suelo en Chile
3. Aplicación de políticas públicas a los suelos agropecuarios
4. Evaluación del Programa SIRSD-S aplicado en suelos agropecuarios del sur de Chile.
 - 4.1. Objetivos
 - 4.2. Toma de Muestras
5. Resultados
6. Conclusiones
7. Referencias

1.- Contexto general

Los suelos agrícolas constituyen la base para el desarrollo de la agricultura, proporcionando numerosas funciones a la sociedad, siendo la central de ellas la productividad primaria (Schulte *et al.*, 2014). La función primaria de productividad se entenderá como la capacidad del suelo para suministrar nutrientes y agua para producir biomasa vegetal para uso humano y animal, proporcionando alimentos, forraje, fibra y combustible; todo esto dentro de los límites de un ecosistema natural o administrado de manera artificial. Esta función es la base económica para los agricultores y todos los sectores relacionados a la producción de alimentos. (Tóth *et al.*, 2013; Schulte *et al.*, 2014).

Considerando la función primaria de productividad de los suelos, tanto presente como futura, las Naciones Unidas proyectan que, para 2050, la producción agrícola global deberá aumentar en un 60% para alimentar a la creciente población mundial (WWAP, 2015).

Junto con esta exigencia, se estima que una cuarta parte de todos los suelos agrícolas en uso, continuarán su actual proceso de degradación; por lo tanto, su potencial futuro para la producción de biomasa continuará su progresiva disminución, si es que no se implementa una adecuada intervención que mitigue o detenga estos efectos (Conijn *et al.*, 2013). Adicionalmente, los cultivos en rotaciones cortas o monocultivos actualmente se enfrentan a una disminución de rendimiento en comparación con los cultivos en rotaciones más extensas. Esto probablemente se deba a factores bióticos, tales como el aumento de patógenos de plantas o a factores abióticos, particularmente las prácticas de manejo agrícola, que pueden reducir la disponibilidad de nutrientes (Bennett *et al.*, 2012; Mazzilli *et al.*, 2016; Weiner, 2017). En resumen, los suelos que no se manejen de manera sostenible pueden perder su función de productividad a largo plazo (Mueller *et al.*, 2010).

No obstante a lo anterior, la función de los suelos agrícolas va más allá de la productividad primaria, incluyendo además la regulación y purificación del agua, el secuestro de carbono y la regulación del clima, la provisión de hábitat y la biodiversidad del suelo, así como también el ciclo de nutrientes (Mueller *et al.*, 2010; Schulte *et al.*, 2014; Techen y Helming, 2017). Las demandas sociales relacionadas con esta multifuncionalidad del suelo plantean nuevos desafíos porque involucran diferentes escalas espaciales y temporales (Valujeva *et al.*, 2016), donde diferentes partes interesadas plantean también diversas demandas (O'Sullivan *et al.*, 2015).

No cabe duda de que los agricultores juegan un papel clave en el manejo y aprovechamiento de los suelos agrícolas, pero sigue siendo particularmente difícil encontrar herramientas simples que puedan ayudarlos a administrar la función primaria de productividad del suelo, y mucho menos administrar simultáneamente sus múltiples funciones. Por lo tanto, la gestión sostenible de los recursos agrícolas del suelo sigue siendo el principal y urgente desafío de la agricultura.

2.- Tipos de suelo en Chile

Nuestro país presenta una gran diversidad de suelos, desde aquellos minerales de origen aluvial y coluvial, ubicados desde el Maule al norte, hasta los derivados de cenizas volcánicas antiguas y recientes, ubicados principalmente desde la precordillera de Curicó hacia el sur. Según Sierra (2015), los suelos del país se pueden caracterizar de diferentes formas, como, por ejemplo, a través de agrupaciones que corresponde a series de suelos de características similares. Los suelos también pueden ser agrupados por sus características de geoformación y material parental, como ocurre con los suelos aluviales, graníticos aluviales y coluviales, entre otros.

En Chile según Sierra, (2015), se puede clasificar a las diferentes agrupaciones de suelos como:

- 1. Aluviales recientes y antiguos:** Su nivel de fertilidad dependerá de su textura y contenido de materia orgánica. Los aluviales recientes son más arenosos, mientras que las terrazas antiguas son más arcillosas y de pH más ácido.
- 2. Depresionales o lacustres:** Cuentan con texturas medias a finas, con un alto nivel de fertilidad química, y normalmente presentan mal drenaje, color oscuro y niveles de salinidad ligeramente altos. Por lo mismo, deben ser drenados para su mejor manejo.
- 3. Coluviales:** Son suelos con fuertes pendientes, con piedras no redondeadas, de tamaño variable en el perfil, y escaso desarrollo de este. Corresponden a suelos de fertilidad media a baja y de textura media. Son más frecuentes de encontrar en las regiones del norte chico. Su principal limitante es la pendiente.
- 4. Coluvio aluviales:** Se generan en el área del cruce de quebradas con valles más amplios. Este tipo de suelos es más frecuente de encontrar en la zona del norte chico, aunque también en la zona central y en sectores montañosos.
- 5. Graníticos de lomajes y aluviales:** Son de baja fertilidad, debido a su baja capacidad de intercambio catiónico (CIC) y bajo contenido de materia orgánica. En su caso, el tipo de arcilla predominante es la caolinita del tipo 1:1, de baja CIC. Son suelos pobres en azufre, boro y cinc. Presentan condiciones físicas poco deseables, retención baja de humedad aprovechable y textura franco arcillo-arenosa.
- 6. Terrazas marinas:** Presentan normalmente textura franco-arenosa y arenosa. Presentan un ancho variable. Más al sur del Río Maipo, en tanto, presentan texturas más arcillosas.

7. **Rojos arcillosos:** Son derivados de cenizas volcánicas antiguas, muy desarrollados y de baja fertilidad química. Están ubicados desde la Región del Maule hacia el sur. Presentan condiciones físicas de regular condición.
8. **Pardo rojizos:** Corresponden a suelos de transición entre rojos arcillosos y trumaos, es decir, son mezclas de suelos de cenizas volcánicas recientes y antiguas.
9. **Trumaos:** Son suelos derivados de cenizas volcánicas recientes, poco desarrollados, de baja fertilidad química, muy buena condición física, debido a que presentan baja densidad aparente. Su contenido de aluminio estructural es alto, mientras que el de silicio es más bajo que el de los suelos de la zona central. Se ubican desde la Región del Maule al sur.
10. **Ñadis:** Son trumaos planos, con mal drenaje. En profundidad presentan un duripan de hierro, de muy baja fertilidad química. Poseen bajas sumas de bases y moderadas a altas saturaciones de aluminio. Se ubican desde la Región de la Araucanía al sur.

Cada una de las agrupaciones de suelos precedentemente citadas, presentan condiciones ventajosas o desventajosas para el desarrollo de una agricultura competitiva, entendiendo estas como las mayores o menores capacidades que presenten para suministrar nutrientes y retener agua para el desarrollo de plantas o cultivos. Dentro de estas condiciones podemos mencionar textura (densidad aparente), fertilidad química, retención de humedad, acidez, salinidad, entre otras.

El suelo es un cuerpo natural dinámico, que evoluciona y que se encuentra en equilibrio con el sistema ecológico al cual pertenece. Así es como el suelo cambia continuamente desde el punto de vista físico, químico y biológico, con modificaciones de magnitud variable que, si exceden sus límites de resiliencia, pueden provocar alteraciones que producirán un incremento en la fragilidad del suelo. Considerando este concepto, los profesionales relacionados al estudio de los suelos, han establecido una clasificación interpretativa de estos, y que es la Clasificación de Capacidad de Uso de los Suelos, elaborada por el Servicio Agrícola y Ganadero (2011)

La Capacidad de Uso de Suelos, en su concepto más amplio representa la habilidad de los suelos para ejecutar en la magnitud que le son propias, lo que deriva del conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas que poseen. Lo anterior les permite funcionar como un sistema abierto viviente, dentro de los límites del ecosistema al que pertenecen y del uso dado, sosteniendo la producción biológica y la vida de los organismos que de él se sustentan.

En resumen, esta clasificación está basada en la capacidad de la tierra para producir, señalando las limitaciones naturales de ella. La clasificación de suelos por Clase es indispensable para mostrar y localizar en

forma simple y resumida sus potencialidades y limitaciones para el uso agrícola, ganadero y forestal, tanto en condiciones de riego como de secano.

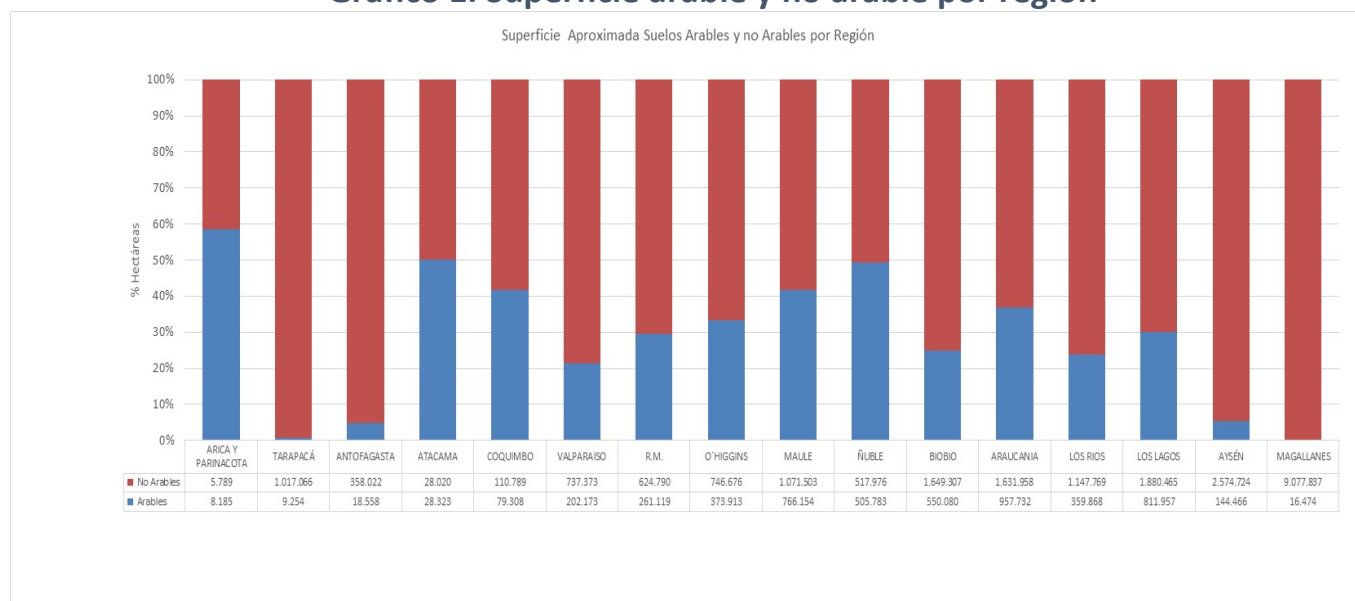
Las categorías de clasificación empleadas para establecer la Capacidad de Uso de los suelos son tres: Clases, Subclases y Unidades de Capacidad de Uso, las cuales se usarán dependiendo del grado de detalle del estudio. Las clases convencionales para definir la Capacidad de Uso son ocho, las que se designan con números romanos del I al VIII, ordenadas de acuerdo con sus crecientes limitaciones y riesgos en el uso.

De manera simple y de acuerdo a la Clasificación de Capacidad de Uso de los Suelos, se consideran suelos arables a aquellos suelos que se encuentran entre las categorías I a la IV. A los suelos que se encuentran entre las categorías V a la VIII, se les considera no arables.

Según Ciren (2019), en el estudio “Actualización Cartográfica de los Estudios Agrológicos” la superficie arable del país alcanza a poco más de cinco millones hectáreas, mientras que para los suelos no arables alcanzan una superficie de veintiún millones hectáreas.

En atención al estudio precedentemente citado, la proporción de superficie arable y no arables para cada una de las regiones del País se presenta en el gráfico 1, donde se puede apreciar que la superficie arable es sustancialmente menor a las no arable.

Gráfico 1. Superficie arable y no arable por región



Fuente, elaboración propia sobre datos Ciren 2019.

Entendido lo precedente y al observar el gráfico N°1, se puede concluir que la mayor cantidad de superficie absoluta arable del país se encuentra disponible entre las regiones del Maule y Los Lagos, siendo la región de

La Araucanía la que presenta una mayor cantidad de hectáreas, alcanzando esta un total de 957 mil hectáreas arables, seguida de la región de Los Lagos con casi 812 mil hectáreas y la región del Maule con 766 mil hectáreas de esta categoría.

En atención a lo anterior, es evidente y explicable el hecho de que el desarrollo de la actividad agropecuaria del país se encuentre concentrado mayoritariamente en la zona centro sur de Chile, por cuanto la mayor cantidad de superficie agrícola se concentra entre las regiones del Maule hasta la región de Los Lagos, encontrando en esta zona suelos mayoritariamente clasificados como trumaos, ñadis y rojos.

Los suelos trumaos tienen su origen en cenizas volcánicas (Tosso,1985) y representan alrededor del 55% del área arable del país. Sobre ellos se desarrolla una intensa actividad agropecuaria, con ventajas desde el punto de vista del manejo físico del suelo, pero con serios inconvenientes; como, por ejemplo, el alto nivel de adsorción de fósforo que presentan, siendo este macronutriente uno de los elementos esenciales para el desarrollo de plantas y cultivos. Esta retención es de lenta reversibilidad, lo que obliga a realizar altas aplicaciones de fertilizantes fosfatados a los cultivos para obtener rendimientos aceptables, situación que no sucede con otros tipos de suelo. Cabe agregar además que los suelos provenientes de cenizas volcánicas adicionalmente poseen otras propiedades particulares como, baja densidad aparente, carga variable, elevada retención de agua, alto contenido de materia orgánica que lo diferencia de los suelos provenientes de otros materiales parentales.

Con el propósito de ejemplificar algunas características de los suelos presentes en la zona centro sur de Chile, donde se desarrolla el sector agropecuario, podemos ver algunas de sus propiedades químicas en la tabla 1.

Tabla 1. Niveles de fertilidad según tipo de suelo

	Fósforo	Potasio	Azufre	Acidez
Trumao	Bajo	bajo	bajo	alto
Rojo Arcilloso	Bajo	bajo	bajo	medio
Ñadi	Medio	bajo	medio	alto

Fuente: elaboración propia.

3.- Aplicación de políticas públicas a los suelos agropecuarios

Para enfrentar los fenómenos antes descritos dentro de la función de las políticas públicas desarrolladas por el Estado de Chile enfocadas en el sector agropecuario, se encuentra el programa “Sistema de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios” comúnmente conocido como SIRSD-S y establecido a través de la Ley N° 20.412.

El SIRSD-S, tiene por fin, contribuir a transformar a Chile en una potencia alimentaria y forestal, promoviendo un desarrollo agrícola inclusivo y en el contexto del uso sustentable de los recursos naturales. Este fin se

enmarcó en la visión de aumentar la competitividad del sector, entendiéndolo como un apoyo al desarrollo de las capacidades competitivas del sector.

El SIRSD-S tiene por objetivo recuperar el potencial productivo de los suelos agropecuarios y mantener los niveles alcanzados. Al mencionar “los niveles alcanzados”, la ley está haciendo referencia a los logros alcanzados por el programa que lo antecedió, el Sistema de Incentivos para la Recuperación de los Suelos Degradados, SIRSD, acción también desarrollada por el Estado.

El programa, ha tenido como uno de uno de sus principales objetivos, el recuperar la fertilidad de los suelos agropecuarios y promover un uso sustentable de estos. La implementación del programa está mediada por diversos factores, de ellos los más importantes son las características intrínsecas de los suelos explicadas con anterioridad y las prácticas culturales realizadas por los agricultores.

Dentro de este contexto, el programa SIRSD-S definió la sustentabilidad como “la capacidad de los suelos para mantener sus condiciones físico químicas fundamentales, necesarias para sostener los procesos de producción agropecuaria, sin sufrir deterioros que los imposibiliten para su uso por generaciones futuras, debido a lo cual, requieren de la aplicación de medidas apropiadas para su recuperación, conservación y mantención”, por ende, ha sido el claro desarrollo de una política pública que aborda cinco diferentes líneas de acción:

- Incorporación de fertilizantes de base fosforada.
- Incorporación de elementos químicos esenciales.
- Establecimiento de coberturas vegetales en suelos descubiertos o con cobertura deteriorada
- Empleo de métodos de conservación de suelos.
- Eliminación limpieza o confinamiento de elementos físicos o químicos.

4.- Evaluación del Programa SIRSD-S aplicado en suelos agropecuarios del sur de Chile

4.1- Objetivos

El año 2019 que el Ministerio de Agricultura a través de la Subsecretaría de Agricultura y los Servicios SAG, Indap y Odepa realizaron la verificación del cumplimiento de los objetivos de la ley en suelos agropecuarios, específicamente en las líneas de acción relacionadas con fertilidad fosfatada y aplicación de enmiendas calcáreas en las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos.

Para ello se establecieron dos objetivos:

1. Realizar análisis químico de suelos bonificados por el programa SIRSD-S, 2018, según parámetros establecidos.
2. Realizar análisis comparativos para cuantificar el cumplimiento de la Ley N° 20.412, dentro de los cuales se encuentran los niveles de fertilidad de las superficies intervenidas.

Para el cumplimiento de los objetivos propuestos, se procedió en la toma de muestras de suelo y posterior análisis químico de las superficies intervenidas por el programa, en las líneas de acción aplicación de fertilizante de base fosforadas y elementos químicos esenciales, de una muestra de 206 planes de manejo, ejecutados en las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos.

Para verificar el cumplimiento de los objetivos se realizaron los análisis de los siguientes parámetros:

- P-Olsen
- pH en agua
- Ca – Mg – K – Na extraíbles con soluciones de $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ mol L⁻¹ a pH 7,0
- Al extractable
- Capacidad de intercambio de cationes efectivos
- Saturación de aluminio
- Materia orgánica.

4.2.- Toma de muestras

Atendiendo al hecho de que los suelos agrícolas son muy heterogéneos y sus propiedades varían significativamente de un lugar a otro, los análisis de fertilidad siempre se realizaron sobre una muestra de suelo representativa del total del sitio en evaluación. Para ello se consideraron submuestras en diversos puntos de los sitios de a evaluar, homogeneizando todas ellas para finalmente enviar al laboratorio entre 1 y 2 kg de suelo. La profundidad de muestreo fue de 20 cm tomadas con barreno.

Como ya se mencionó, para este estudio se tomaron 206 muestras de suelo entre las tres regiones del estudio.

5.- Resultados

En términos generales, cabe consignar el incremento del valor de parámetros como saturación de aluminio y aluminio de intercambio en las muestras analizadas. Este hecho, responde a las características naturales de los suelos y de la acción de clima, principalmente las precipitaciones que generan la acidificación natural y continua de los suelos del sur de Chile.

Sin embargo, la disminución del pH no es coincidente con los valores presentados precedentemente en la Tabla 1, pues el pH promedio encontrado, es muy similar en las tres regiones. Probablemente esto es debido al control o manejo de la acidez con enmiendas a base de Ca principalmente, lo que se evidencia en los valores crecientes de este elemento desde La Araucanía a Los Lagos. El manejo de la fertilidad de los suelos ha permitido que el normal y continuo empobrecimiento del recurso suelo sea contenido, probablemente por las prácticas de fertilización y enmiendas, ya que las bases del suelo (Ca, Mg, Na y K) se incrementan conforme se avanza hacia el sur del país; junto con esto, un factor que juega un rol dentro de los resultados, es el grado

de intensificación del uso del recurso suelo, así por ejemplo, un predio lechero normalmente tiene un mejor historial de manejo que un suelo típicamente bajo manejo con un rebaño de crianza.

Tabla 2. Valores promedio de parámetros químicos de suelos muestreados en La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos, desagregado por comunas.

	pH agua	M.O. (%)	P Olsen (mg kg-1)	Al Ext (mg kg-1)	Ca Int. (cmol+ kg-1)	Mg Int. (cmol+ kg-1)	K Int. (cmol+ kg-1)	Na Int. (cmol+ kg-1)	Al Int. (cmol+ kg-1)	Sum Bases	Sat Al (%)
La Araucanía	5.6	18.8	16.4	1459.5	5.81	0.91	0.32	0.09	0.19	7.14	3.18
Cunco	5.7	21.5	13.4	1630.9	5.56	0.84	0.25	0.09	0.13	6.74	2.41
Lautaro	5.3	9.8	28.2	730.1	7.16	1.03	0.71	0.08	0.72	8.98	10.6
Vilcún	5.6	14.1	20.9	1260.0	5.92	1.12	0.35	0.10	0.10	7.49	1.34
Los Ríos	5.6	19.2	17.8	1606.9	6.96	1.56	0.54	0.15	0.30	9.22	4.28
La Unión	5.6	15.2	22.2	1129.8	7.85	2.23	0.62	0.16	0.26	10.87	3.61
Paillaco	5.6	17.9	24.3	1519.3	5.60	1.07	0.46	0.09	0.15	7.22	2.29
Rio Bueno	5.6	21.2	15.3	1833.2	6.67	1.29	0.51	0.14	0.32	8.62	4.74
Los Lagos	5.6	21.1	19.8	1889.0	7.69	1.43	0.57	0.17	0.19	9.86	2.69
Entre Lagos	5.7	25.5	19.6	2104.0	8.77	1.40	0.44	0.19	0.12	10.80	1.47
Llanquihue	5.5	21.8	18.5	2445.6	5.73	1.02	0.37	0.11	0.18	7.24	3.62
Osorno	5.6	20.8	22.7	1512.5	9.06	1.70	0.63	0.21	0.13	11.59	1.62
Puerto Octay	5.5	21.4	12.5	2564.1	4.89	0.89	0.37	0.11	0.16	6.26	4.00
San Juan de la Costa	5.7	11.7	11.2	879.8	9.44	2.29	1.25	0.15	0.89	13.13	8.26
San Pablo	5.6	16.6	24.1	1482.3	6.44	1.40	1.01	0.21	0.17	9.06	2.55
Total general	5.6	20.0	18.4	1705	7.02	1.33	0.50	0.15	0.22	9.0	3.24

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 2. se observan los resultados globales por región y comuna del estudio. Destacan de manera general y por comuna que los promedios de pH están todos bajo 5,8 (valor que se considera aceptable en el contexto de los suelos del sur de Chile), no obstante, esto, los valores de saturación de aluminio son en general aceptables (promedio global 3,24%), considerando que una saturación de aluminio bajo 5% permite el desarrollo de la mayoría de los cultivos sin mayores restricciones. Sólo existen dos comunas donde este valor resulta preocupante, Lautaro (10,55%) y San Juan de la Costa (8,25%), y las explicaciones para ambas comunas pueden derivarse de dos cuestiones distintas, en Lautaro una mayor actividad de producción de cereales con utilización frecuente de fertilizantes como la urea y fosfato diamónico, en el caso de San Juan de la Costa, podría ser derivado de una acidez explicada por razones de mayor pluviometría.

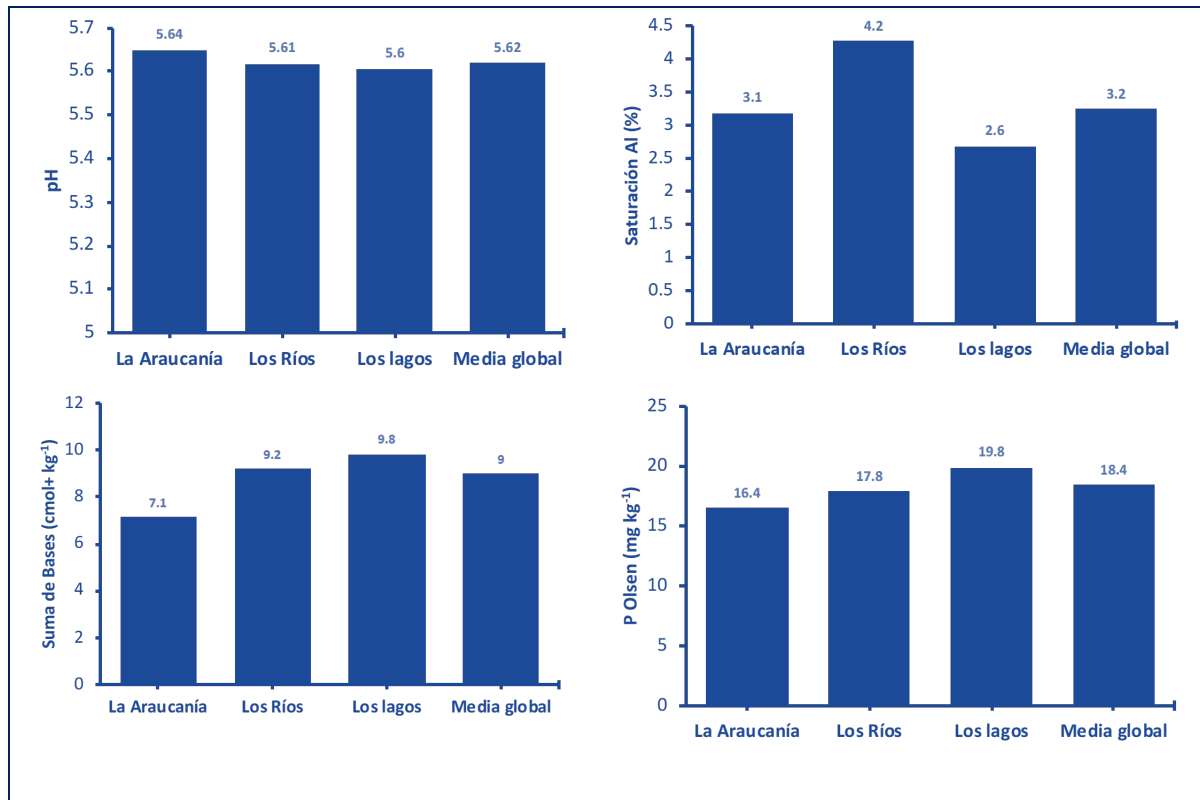
En cuanto al P Olsen el resultado promedio es de 18,4 un valor considerado medio-alto, lo que significa que la mayoría de los suelos se encuentran en un rango aceptable que denotan las prácticas culturales a que estos suelos han sido sometidos (particularmente la fertilización fosfatada). Según Pinochet, (1999), se puede establecer una relación de potencial producción de 1 tonelada de materia seca por mg kg^{-1} de P Olsen. De esta manera si los suelos se encuentran sobre el valor 12 mg kg^{-1} implica que tienen un rendimiento potencial por sobre las 12 toneladas de materia seca por hectárea. Existe una sola comuna que se ubica bajo los 12 mg kg^{-1} , San Juan de la Costa, que es una comuna que en general presenta una actividad agropecuaria menos intensiva (más ganadería de crianza) y que normalmente utiliza menor cantidad de insumos.

El aluminio extractable en promedio es de 1704,6 valor que representa a suelos típicamente trumaos. Existe una gran dispersión de los datos, y los valores más bajos se encuentran en Lautaro (con suelos de transición) y San Juan de la Costa (con suelos rojos). Al ser, una característica propia del suelo no es factible encontrar explicaciones de su variabilidad en las prácticas culturales, si no en el tipo de arcilla predominante.

Respecto de las bases y la suma de bases (Tabla 3 y Figura 1), es necesario destacar que las tres regiones se encuentran en el rango medio según Bernier y Bortolameolli (2000). Sin embargo, a diferencia de lo esperado por cuestiones de carácter natural, la suma de bases crece de norte a sur reflejando un valor promedio de 7,137 para La Araucanía, un valor de 9,218 para Los Ríos y finalmente un valor de 9,858 para Los Lagos. Esto puede ser explicado fundamentalmente por la aplicación de enmiendas calcáreas que son parte del programa y que permiten disminuir los efectos de pérdidas de bases derivadas de las condiciones naturales de alta pluviometría y prácticas culturales inapropiadas. Las bases en específico siguen un patrón similar destacándose principalmente la presencia de Calcio y Magnesio.

Como se observa en el Gráfico 2 y a modo de resumen general y salvo excepciones, se puede señalar que los suelos de este estudio no estarían clasificados como suelos ácidos, si se utiliza la definición de que “un suelo se encuentra acidificado cuando su pH es inferior a 5,5 y la saturación de aluminio supera el 10%”, aun cuando el pH promedio es de 5,62 la saturación de aluminio solo alcanza a 3,2% y se ubica en un rango que no es crítico para el desarrollo vegetal. La suma de bases también en promedio se ubica en rangos aceptables, y el P Olsen (18,4) en rangos medio a alto, lo que significa un impacto positivo del programa. En todo caso, se debe considerar que el pH óptimo para el desarrollo de los vegetales es el neutro a levemente ácido (7.0 – 6.5). Desde una perspectiva, una meta razonable para el programa en el sur de Chile, podría ser un pH de 6.0, donde la presencia de Al intercambiable pasaría a ser no significativa.

Gráfico 2. Principales parámetros bajo análisis, por región. A) pH al agua, B) saturación de Al (%), C) suma de bases (cmol+kg⁻¹) y D) fósforo Olsen (mg kg⁻¹).



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3 y a partir de la clasificación realizada por Bernier y Bortolameolli (2000) se representa el estado de los parámetros químicos encontrados en este estudio en base a los promedios calculados. Destacan en este sentido los niveles de P Olsen, la saturación de aluminio, el Calcio y la suma de bases, por encontrarse en rangos que suponen un mejor estado que suelos no intervenidos o suelos sin las prácticas del programa del SIRSD-S.

Tabla 3. Categorización de los niveles promedio de los parámetros químicos encontrados de las muestras analizadas por región.

Región	Parámetro químico	Categoría
La Araucanía	Suma de bases (7.14)	Medio
	pH (5.6)	Moderadamente ácido
	Saturación Al (3.18)	Medio
	P (16.4)	Medio
	Ca intercambiable (5.81)	Medio
	Mg intercambiable (0.91)	Medio
	K intercambiable (0.32)	Medio
	Na intercambiable (0.09)	Muy bajo
Los Ríos	Al intercambiable (0.19)	Bajo
	Suma de bases (9.22)	Medio
	pH (5.6)	Moderadamente ácido
	Saturación Al (4.28)	Medio
	P (17.8)	Medio
	Ca intercambiable (6.96)	Medio
	Mg intercambiable (1.56)	Alto
	K intercambiable (0.54)	Alto
Los Lagos	Na intercambiable (0.15)	Muy bajo
	Al intercambiable (0.30)	Medio
	Suma de bases (9.86)	Medio
	pH (5.6)	Moderadamente ácido
	Saturación Al (2.69)	Bajo
	P (19.8)	Medio
	Ca intercambiable (7.69)	Medio
	Mg intercambiable (1.43)	Alto
Los Lagos	K intercambiable (0.57)	Alto
	Na intercambiable (0.17)	Bajo
Los Lagos	Al intercambiable (0.19)	Bajo

Fuente: elaboración propia sobre la base a lo propuesto por Bernier y Bortolameolli (2000)

6.- Conclusiones

Los suelos que se han sometido a intervención del Programa SIRSD-S están en nivel moderadamente ácidos según nivel de pH, y lo más importante en este aspecto es que los niveles promedio de saturación de aluminio no alcanzan el 5%, lo que se considera un resultado muy destacable.

La suma de bases promedio global alcanza niveles de $9,00 \text{ cmol}+\text{kg}^{-1}$ lo que se considera un nivel medio en la escala propuesta por Bernier y Bortolameolli (2000), y supera largamente a lo encontrado en suelos sin intervención o mal manejados.

Respecto al P Olsen el promedio general encontrado ($18,4 \text{ mg kg}^{-1}$) se ubica en el rango medio-alto, que, a pesar de las salvedades señaladas en texto, significa un nivel muy importante de P disponible, lo que determina potenciales de producción mucho más elevados que los observados corrientemente, lo cual implica uno de los mayores logros del esfuerzo desarrollado por el Estado a través de estos programas de apoyo al sector agrícola nacional.

Finalmente, y al considerar los resultados globales presentados, se evidencia un avance importante en la recuperación de la fertilidad química de los suelos, producto de la aplicación del Programa SIRSD-S, con las líneas de acción de fertilidad fosfatada y elementos químicos esenciales. A través de esto se han recuperado parte importante de los niveles productivos de los suelos agropecuarios según la definición presentada al inicio de este escrito.

7.- Referencias

Bernier R., y Alfaro M. Acidez de los suelos y efectos del encalado. Boletín INIA N°151.

Bernier, R., y Bortolameolli, G. (2000). Seminario Taller para productores: Técnicas de Diagnóstico de Fertilidad del Suelo, Fertilización de Praderas, Cultivos y Mejoramiento de Praderas. 71 p. Serie Actas, (04).

CIREN. (2019). Actualización Cartográfica de los Estudios Agrológicos de CIREN 2010-2019.

Conijn, J. G., Bai, Z. G., Bindraban, P. S., and Rutgers, B. (2013). Global Changes of Net Primary Productivity, Affected by Climate and Abrupt Land Use Changes Since 1981. Towards mapping global soil degradation. Wageningen: ISRIC - World Soil Information.

Pinochet, D. (1999). Construcción de la fertilidad fosforada. Curso de fertilidad de suelos. Publicación interna. Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos. Facultad de Agronomía. Universidad Austral de Chile.

Schulte, R. P. O., Creamer, R. E., Donnellan, T., Farrelly, N., Fealy, R., O'Donoghue, C., *et al.* (2014). Functional land management: a framework for managing soil-based ecosystem services for the sustainable intensification of agriculture. *Environ. Sci. Policy* 38, 45–58.

Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), Departamento Protección Recursos Naturales Renovables, (2001). Pauta para estudio de suelos.

Sierra. C. (2018). Caracterización de los suelos chilenos: Claves para elegir el más adecuado. Publicación "Revista del Campo". 16 de mayo 2018.

Tóth, G., Gardi, C., Bódis, K., Ivits, É., Aksoy, E., Jones, A., *et al.* (2013). Continental-scale assessment of provisioning soil functions in Europe. *Ecol. Process* 2, 1–18. doi: 10.1186/2192-1709-2-32

WWAP (2015). The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. Paris: UNESCO.

Sadzawka, A., Carrasco, M. A., Grez, R., MORA, M. (2006). Acidificación de los suelos volcánicos de Chile. In IVth International Symposium on Deteriorated Volcanic Soils. Morelia, Tlaxcala, México.

Sadsawka, A., Carrasco, M., Grez, R., Mora, M., Flores, H., Neaman, A. (2006). Métodos de análisis recomendados para los suelos de Chile. Serie Actas INIA,163.



www.odepa.gob.cl