



CAPÍTULO 3

MANEJO DEL SUELO Y LA FERTILIZACIÓN EN LA PROVINCIA DE ARAUCO

Nicasio Rodríguez S.

Ingeniero Agrónomo, M.S.

Juan Hirzel C.

Ingeniero Agrónomo, M.S.

Germán Klee G.

Ingeniero Agrónomo

Investigadores INIA Quilamapu

MANEJO DEL SUELO Y LA FERTILIZACIÓN EN LA PROVINCIA DE ARAUCO

Los suelos agrícolas predominantes corresponden a suelos de terrazas marinas antiguas, evolucionadas de material granítico y/o micaesquisto. Son suelos profundos, suavemente ondulados, y de fertilidad baja a moderada. Además se encuentran suelos de formación reciente de material aluvial en pequeños valles de la Provincia.

En algunos sectores costeros de las comunas de Arauco y Lebu y otras localidades, se presentan suelos de evolución incipiente, desarrollados en condiciones de vegas.

Del total de 5.775.400 ha que posee la provincia de Arauco, alrededor de 76 mil corresponden a suelos de clase de uso III y IV, y el resto de la superficie de suelos a clases VI, VII y VIII. Estas cifras dan una clara idea de la aptitud forestal y ganadera predominante que presenta esta provincia.

En general, los suelos rojos de lomajes que están en sistemas de producción basados en praderas naturales son de baja fertilidad y escasa cobertura vegetal, lo que incide en alta erosión hídrica debido a la excesiva pluviometría en los meses de invierno. Este proceso incide en un mayor empobrecimiento del suelo y, en consecuencia, en una disminución de la producción.

Los suelos de vegas normalmente poseen una fertilidad superior, con valores mayores de disponibilidad de nitrógeno y fósforo.

Los suelos de menor pendiente, menos erosionados y que se manejan en rotaciones de cultivos anuales, como trigo y papas con fertilizaciones adecuadas, presentan mayores contenidos de materia orgánica y mayores niveles de fertilidad.

3.1. CONDICIONES DE CLIMA DE LA PROVINCIA DE ARAUCO

El clima común de la zona corresponde a marino cálido. La cercanía al mar ejerce una acción moderada sobre las fluctuaciones de temperatura, no mostrando grandes diferencias entre el día y la noche. Asimismo, la humedad relativa es bastante alta durante el transcurso del año.

En la mayor zona agrícola de esta provincia, que está ubicada hacia el interior y que a la vez representa la superficie más extensa, el clima es más benigno en cuanto a temperaturas y heladas, debido a la alta humedad relativa durante los meses de invierno.

El régimen hídrico es húmedo y no se encuentran meses con sequía limitante para el crecimiento de especies agrícolas, aunque en los meses de diciembre, enero y febrero la evapotranspiración supera a los aportes de precipitaciones. Sin embargo, la humedad del suelo es suficiente para el desarrollo de los cultivos y praderas. El sector litoral, cercano al mar, posee un clima similar al anterior durante el período de invierno, pero de temperaturas de verano más bajas, lo cual se encuentra influenciado por la cercanía al mar.

3.2. FERTILIDAD DE LOS SUELOS DE LA PROVINCIA DE ARAUCO

En el Cuadro 3.1. se presenta en forma resumida el promedio general nutricional de los suelos de la provincia de Arauco. Destaca la baja disponibilidad de nitrógeno y fósforo, elementos que constituyen las principales limitantes de los suelos de la zona

Los valores de potasio disponible y materia orgánica están en general en un mejor nivel y no constituyen una limitante en la productividad potencial de la mayoría de los suelos.

El valor del pH promedio de los suelos actualmente está en un nivel que señala una alerta; puesto que, en numerosos casos, puede llegar a representar una limitante en el establecimiento y desarrollo de los cultivos. Este problema

puede agravarse a futuro, debido a un proceso gradual de acidificación de los suelos como causa de su manejo, lo cual conviene detener con la incorporación al suelo de enmiendas calcáreas, cuando sea necesario.

En cuanto a los cationes de intercambio que presentan los suelos de la zona, convendría estrechar la relación Ca : Mg con la aplicación de productos que contengan calcio, como son las enmiendas calcáreas.

Cuadro 3.1. Categoría de nutrientes según el promedio general de fertilidad de los suelos basado en el análisis químico. Provincia de Arauco.

NUTRIENTES	SÍMBOLOS	PROMEDIOS	CATEGORÍA
Nitrógeno, ppm	N	14,4	Bajo
Fósforo, ppm	P	6,4	Bajo
Potasio, ppm	K	201,0	Medio
Materia Orgánica, %	MO	9,0	Medio
Acidez	PH	5,9	Medio
CATIONES DE INTERCAMBIO, meq/100g			
Calcio	Ca	4,6	
Magnesio	Mg	1,4	
Potasio	K	0,5	
Sodio	Na	0,4	

Cuadro 3.2. Características químicas de los suelos destinados a diferentes rubros. Provincia de Arauco.

CULTIVO ANTERIOR	VALORES ppm	NITRÓGENO ppm	FÓSFORO ppm	POTASIO ppm	ACIDEZ pH	MATERIA ORGÁNICA %
Pradera Natural Suelo Rojo	Rango:	2 - 27	2 - 22	55 - 386	5,4 - 6,3	3 - 8
	Promedio:	12	7	230	5,8	5
Pradera Natural Suelo Vegas	Rango:	15 - 40	7 - 13	148 - 390	4,7 - 5,2	4,5 - 4,7
	Promedio:	25	9	293	4,9	4,6
Papas	Rango:	7 - 40	3 - 60	94 - 390	5,0 - 6,3	4,8 - 6,8
	Promedio:	25	13	260	5,6	6,4
Cereales	Rango:	11 - 37	4 - 15	156 - 390	5,4 - 6,0	4,6 - 7,2
	Promedio:	23	12	293	5,6	5,8
Trigo	Rango:	5 - 8	3 - 4	78 - 133	5,9 - 6,1	4,5 - 6,3
	Promedio:	7	3	120	6,0	5,2
Arvejas	Rango:	18 - 40	12 - 15	195 - 350	5,5 - 6,0	6,2 - 6,5
	Promedio:	29	11	273	5,8	6,4

3.2.1. Disponibilidad de Nitrógeno

Basándose en los resultados analíticos se puede indicar que existe gran variabilidad en la disponibilidad de nitrógeno con categorías de Baja a Media en promedio. Se puede mencionar que los suelos en monocultivo, que en su mayoría corresponden a cereales, poseen bajo suministro de nitrógeno que corresponden a 7 ppm de N con una variabilidad de 5 a 8 ppm. Esta característica crea la necesidad de fertilizar en la forma más conveniente estos suelos, para obtener rendimientos rentables.

3.2.2. Disponibilidad de Fósforo

En general los suelos de la provincia de Arauco no poseen alta fijación de fósforo, por lo cual los requerimientos de fertilización de las praderas pueden ser satisfechos con dosis medias de fósforo, de acuerdo a la especie, potencial

de producción y manejo de la pradera. Los suelos que han permanecido con praderas permanentes sin fertilizaciones anuales de mantención, poseen una baja disponibilidad de fósforo, en comparación con aquellos suelos que se cultivan con trigo, papas, arvejas y uso adecuado de fertilizantes, según recomendaciones de análisis de suelos (Cuadro 3.2.).

La eficiencia del fósforo incorporado al suelo es baja y depende de la dosis usada, alcanzando valores entre 15 y 23%, lo que indica que queda un remanente apreciable en el suelo que contribuye a aumentar el valor de disponibilidad y a disminuir la dosis requerida para producciones de forraje rentables.

3.2.3. Acidez (pH) y Cationes de Intercambio

Cuando los suelos se acidifican, presentan diversos problemas para el crecimiento de las forrajeras, pudiendo mencionarse entre ellas: a) Efecto sobre la disminución de la disponibilidad fósforo, lo que incide en la nutrición fosforada de las plantas; b) Toxicidad de aluminio, cuando se alcanzan valores de pH inferiores a 5,6; c) Disminución de la disponibilidad de Calcio, Magnesio y Molibdeno; y d) Inhibición del proceso de fijación biológica de nitrógeno.

Las forrajeras leguminosas están dentro de la categoría de las plantas muy sensibles a la acidez del suelo, estimándose que su pH óptimo está entre valores de 6,0 a 6,5.

Cuando se evalúa la acidez del suelo es importante determinar el balance Ca; Mg y K. No es conveniente alcanzar valores excesivamente altos que disminuyen la disponibilidad de la mayoría de los micronutrientes y el fósforo. En relación con este tema, es importante monitorear permanentemente el suelo y realizar los ajustes convenientes con productos encalantes incorporados y mezclados con el suelo. En mediciones realizadas en el campo, se han registrado variaciones estacionales de la acidez (medida a través del pH), lo cual se debe al cambio de régimen de lluvias y a efectos de dilución, así como a variaciones en el contenido de sales y de la actividad biológica en los suelos. En general, en épocas secas la acidez puede aumentar (disminución del pH) y en las lluviosas disminuir (aumento del pH).

Los valores de pH reflejan una medición indirecta que incide fuertemente en el crecimiento de las plantas, y son el reflejo de procesos físico-químicos en el suelo asociados con la disponibilidad de nutrientes en el balance de cationes y en la concentración de algunos elementos tóxicos para la nutrición vegetal, como el manganeso (Mn) y aluminio (Al).

En la provincia de Arauco se distinguen seis microregiones agrícolas que son las que se indican en el Cuadro 3.3., siendo sus características de suelo muy diferentes.

Cuadro 3.3. Valores de acidez del suelo, calcio, magnesio y potasio de intercambio en microregiones de la provincia de Arauco.

MICROREGIÓN	ACIDEZ DEL SUELO	CATIONES DE INTERCAMBIO, meq/100g		
	pH	CALCIO	MAGNESIO	POTASIO
Nahuelbuta	6,0	4,02	1,26	0,33
Antihuala	5,8	4,65	1,29	0,74
Terrazas marinas	6,0	4,87	1,58	0,49
Valles	5,3	2,02	0,59	0,59
Vegas	6,0	10,79	3,92	0,83
Cayucupil	5,7	1,32	0,46	0,37

El promedio de valores de pH es diferente entre las microregiones. Cordillera de Nahuelbuta, Terrazas Marinas y Vegas de Arauco presentan valores de 6,0 en la mayoría de los suelos del área y se estiman adecuados, pero con probabilidades de acidificación con el uso continuado. Los suelos de los Valles Antihuala y Cayucupil son ácidos, posiblemente debido a procesos de lixiviación de las bases de intercambio.

3.2.4. Disponibilidad de Potasio

La disponibilidad de potasio de los suelos en su condición actual, en numerosos casos se encuentra en niveles suficientes para la obtención de altas producciones de forraje en los sistemas ganaderos. En los suelos rojos, que po-

seen praderas degradadas por mal manejo y acentuada por la erosión hídrica en invierno, es posible advertir en algunos sectores de mayor pendiente deficiencias de potasio, que pueden justificar la aplicación de fertilizantes comerciales. También es necesario suministrar este elemento al suelo, cuando se usan rotaciones intensivas de cultivos, por las altas extracciones de los cultivos y las pérdidas por lixiviación. En estos casos, para establecer una pradera es necesario realizar un análisis del suelo, lo que permite determinar la disponibilidad de este elemento y obtener una recomendación del tipo de fertilizante y cantidad a aplicar.

3.2.5. Corrección de la acidez del suelo

En el Cuadro 3.4. se entrega la clasificación de la acidez del suelo como valores de pH. Para praderas, los valores más adecuados de acidez están en el rango de 6,0 a 6,5 de pH.

Cuadro 3.4. Clasificación de la acidez de los suelos según Troug.

CLASIFICACIÓN	VALORES DE pH (H₂O)
Muy ácido	< 5,5
Acidez media	5,5 - 6,0
Acidez débil	6,0 - 6,5
Acidez muy débil	6,5 - 7,0
Neutro	7,0
Alcalinidad muy débil	7,0 - 7,5
Alcalinidad débil	7,5 - 8,0

• Valor neutralizante

Los materiales encalantes difieren en su habilidad para neutralizar ácidos. El valor encalante depende de la cantidad de ácido que una unidad de peso del material puede neutralizar. Esta propiedad está relacionada con lo siguiente:

- 1) Composición del material encalante
- 2) Pureza, cantidad de inertes y contaminantes

El Carbonato de Calcio puro es el estándar comparativo con otros materiales encalantes y se asume un valor neutralizante de 100% comparativo con los demás productos. La constitución molar es el factor determinante en el Valor de Neutralización de materiales encalantes puros.

En el Cuadro 3.5. se entregan los valores neutralizantes comparativos de diferentes productos encalantes, tomando como base el Carbonato de Calcio=100.

Cuadro 3.5. Valor neutralizante de productos encalantes puros ($\text{CaCO}_3 = 100$).

MATERIAL ENCALANTE	COMPOSICIÓN QUÍMICA	VALOR NEUTRALIZANTE	FACTOR DE CONVERSIÓN
Óxido de Calcio	CaO	179	1,79
Hidróxido de Calcio	Ca(OH) ₂	136	1,36
Carbonato de Calcio	CaCO ₃	100	1,00
Dolomita	(CO ₃)Ca*Mg	109	1,09
Óxido de Magnesio	MgO	250	2,50

Ejemplo: Si se requiere aplicar 1.000 kg de Carbonato de Calcio, el mismo efecto neutralizante ácido se puede obtener con 559 kg de Óxido de Calcio ($1.000/1,79 = 559$) kg de CaO.

• Selección de materiales encalantes

La selección de materiales encalantes debe basarse en los siguientes criterios técnicos:

- ☒ Porcentaje de humedad
- ☒ Impurezas

• Finura de partículas

El grado de finura de las partículas de los materiales encalantes es igualmente importante, debido a que la velocidad de reacción, cuando es incorporado al suelo, dependerá de la superficie de contacto de las partículas que están en contacto con el suelo.

Cuadro 3.6. Eficiencia de materiales encalantes considerando la finura de las partículas.

TIPO DE MATERIAL ENCALANTE	VALOR DE EFICIENCIA (%)
Pasa a través de una malla de 60 mesh	100
Pasa entre 20 y 60 mesh	60
Pasa entre 8 y 20 mesh	20

- **Beneficio de los encalantes en agricultura y ganadería**

Además de contribuir con Ca y/o Mg, dos nutrientes esenciales para la nutrición de las plantas, tienen otros efectos como: efecto sobre la disponibilidad de fósforo en el suelo.

Existe estrecha relación entre la disponibilidad de fósforo y el pH del suelo. Con pH bajo y con altos contenidos de Al y Fe, el P disminuye su disponibilidad pues reacciona con estos elementos formando compuestos de baja solubilidad.

Estas formas de fosfatos de Al están relacionadas con el pH del suelo. Cuando se aplica Cal precipita el Al liberando parte del P fijado en la fracción mineral y orgánica.

3.2.6. Corrección de la fertilidad de los suelos

La corrección de la fertilidad de los suelos deberá realizarse basándose en el conocimiento de la disponibilidad del nutriente, determinado por el análisis de suelo y de la producción de materia seca de forraje que es posible de alcanzar en el potrero. El comportamiento de la dosis, forma y época de aplicación de los fertilizantes comerciales se indican en la información entregada en praderas (Capítulos 1 y 2).

En el Cuadro 3.6. se presentan los fertilizantes más comunes empleados en el país y la región, para el establecimiento y mantención de las praderas.

Cuadro 3.6. Fertilizantes comerciales comúnmente empleados en Chile en la fertilización de praderas con sus principales características.

NOMBRE	COMPOSICIÓN QUÍMICA	% SOLUBILIDAD EN AGUA	% DEL NUTRIENTE	TIPO DE REACCIÓN
Superfosfato Triple	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	Soluble	46% P_2O_5	Neutra
Superfosfato Normal	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_{2y} \text{CaSO}_4$	Soluble 80%	18% P_2O_5 12% S	Neutra
Fosfato Monoamónico	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	Soluble	46% P_2O_5 10% N	Ácida
Fosfato Diamónico	$(\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{PO}_4$	Soluble	46% P_2O_5 18% N	Ácida
Roca Fosfórica	$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$	Insoluble	18-30% P_2O_5	Básica
Urea	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	Soluble	46% N	Ácida
Nitrato de Calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	Soluble	16% N 21% Ca	Básica

Continuación Cuadro 3.6.

Salitre Sódico	NaNO_3	Soluble	16% N	Básica
Salitre Potásico	KNO_3 y NaNO_3	Soluble	16% N 14% K_2O	Básica
Nitrato de Amonio Cálcico	NH_4NO_3 y CaCO_3	Soluble	26% N 25.7% CaCO_3	Ácida
Yeso	$\text{CaSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$	Poco Soluble	18% S 23% Ca	Neutra
Azufre elemental	S	Insoluble	99 S	Ácida
Sulfato Potásico	K_2SO_4	Soluble	17% S 50% K_2O	Neutra
Muriato de Potasio	KCl	Soluble	60% K_2O	Básica

Existe una serie de otros fertilizantes comerciales que incluyen varios nutrientes.

3.3. MEZCLAS COMERCIALES DE FERTILIZANTES

Las mezclas fertilizantes corresponden a productos que incorporan en su formulación mas de un nutriente esencial. Para la fertilización de praderas lo ideal es seleccionar aquella mezcla fertilizante que contenga todos los nutrientes deficientes y que estén en la proporción de demanda de las especies forrajeras. Lo ideal que la selección de la mezcla se base en la recomendación basada en un análisis de suelo.

La identificación de una muestra puede ser mediante un nombre de fantasía o con números que corresponden a la proporción de nutrientes en el orden de importancia de macronutrientes, secundarios y micronutrientes N: P₂O₅: K₂O: CaO: MgO: S: B: Zn. También la empresas comercializadoras de fertilizantes preparan mezclas de acuerdo a los requerimientos de agricultores en particular para sus necesidades.

Las ventajas de las mezclas fertilizantes es la de contener todos los nutrientes que son necesarios para efectuar una fertilización equilibrada, y que a su vez son aplicados en una sola operación. Además los productos incorporados en la mezcla son compatibles y no reaccionan químicamente formando compuestos no deseados cuando son mezclados

En el Cuadro 3.7. se presentan las principales mezclas disponibles en el mercado.

Cuadro 3.7. Principales mezclas disponibles en el mercado para ser usadas en siembras de cereales.

MEZCLA FERTILIZANTE	% DE UNIDAD FERTILIZANTE							
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	B	Zn
CULTIVOS								
Trumao 0	9	32	13	5	1	4		
Trumao 02	6	24	10	13	4	3		
Trumao 03	7	27	8	13	1	7		
Trumao 2000	6	32	10	8	3	3	0,1	0,3
Grano 2	9	37	13	8	1	1		
Grano 2 BZ	9	37	12	7	1	3	0,1	0,2
Grano Especial	9	42	12	2	1	2		
Grano Especial BZ	9	41	12	2	1	2	0,1	0,3
Maíz 20	6	20	20	9	0,4	5	0,2	0,3
Maíz 25	15	25	19	3	0,4	1	0,2	0,2
Papa Arauco	14	32	8	6	1	4	0,2	
Nitropotasio	13	0	44	0	0	0		
PRADERAS								
Trumao establecimiento	8	26	9	12	0,4	7		
Alfalfa mantención 01	0	0	44	0	8	9	0,1	
Alfalfa establecimiento	0	31	15	17	2	3	0,2	
Trumao pradera	0	30	8	15	7	9		

Los fertilizantes indicados para cultivos también se pueden utilizar en praderas.



Una buena fertilización produce abundante forraje y hace factible manejar una alta carga animal.