

NITRIFICACION EN SUELOS DE LA PATAGONIA ¹

Por ANTONIO J. GARBOSKY ² y NELIDA GIAMBIAGI ³

La Patagonia es una vasta y poco conocida extensión de la República Argentina (790.000 km²), de características singulares, situada entre los 39 y 52 grados de latitud Sur, que representa el 28 % del total de la superficie del país (excluida la Antártida Argentina).

Fitogeográficamente (fig. 1) está representada por:

a) *Bosques Subantárticos* (Parodi) (3), una angosta franja, no mayor de 100 km de ancho, situada a lo largo de la Cordillera de los Andes por los valles y laderas de las montañas. Su clima es templado-frío, húmedo, con temperaturas medias anuales que oscilan entre 5° en el Sur y 13° en el Norte. Las lluvias varían de 500 a 1.500 mm anuales, según lugares, con nevadas intensas invernales en el Norte, y durante gran parte del año en el Sur;

b) *Estepa Patagónica* (Parodi), compuesta de arbustos xerófilos, achaparrados, menores de un metro de altura, mezclados con algunas gramíneas, que dejan el suelo parcialmente desnudo. El clima es templado-frío, muy seco, con fuertes vientos durante todo el año y nevadas frecuentes en invierno. Las temperaturas medias

¹ Trabajo realizado en el Instituto de Suelos y Agrotecnia del Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Nación y publicado en inglés en el VI Congreso Internacional de la Ciencia del Suelo (París, 28 de agosto—8 de septiembre de 1956).

² Ingeniero Agrónomo, Jefe del Laboratorio de Microbiología del Suelo del Instituto mencionado y Jefe de Trabajos Prácticos de la Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas de la Facultad de Agronomía de La Plata.

³ Doctora en Ciencias Naturales, técnica del mismo laboratorio.

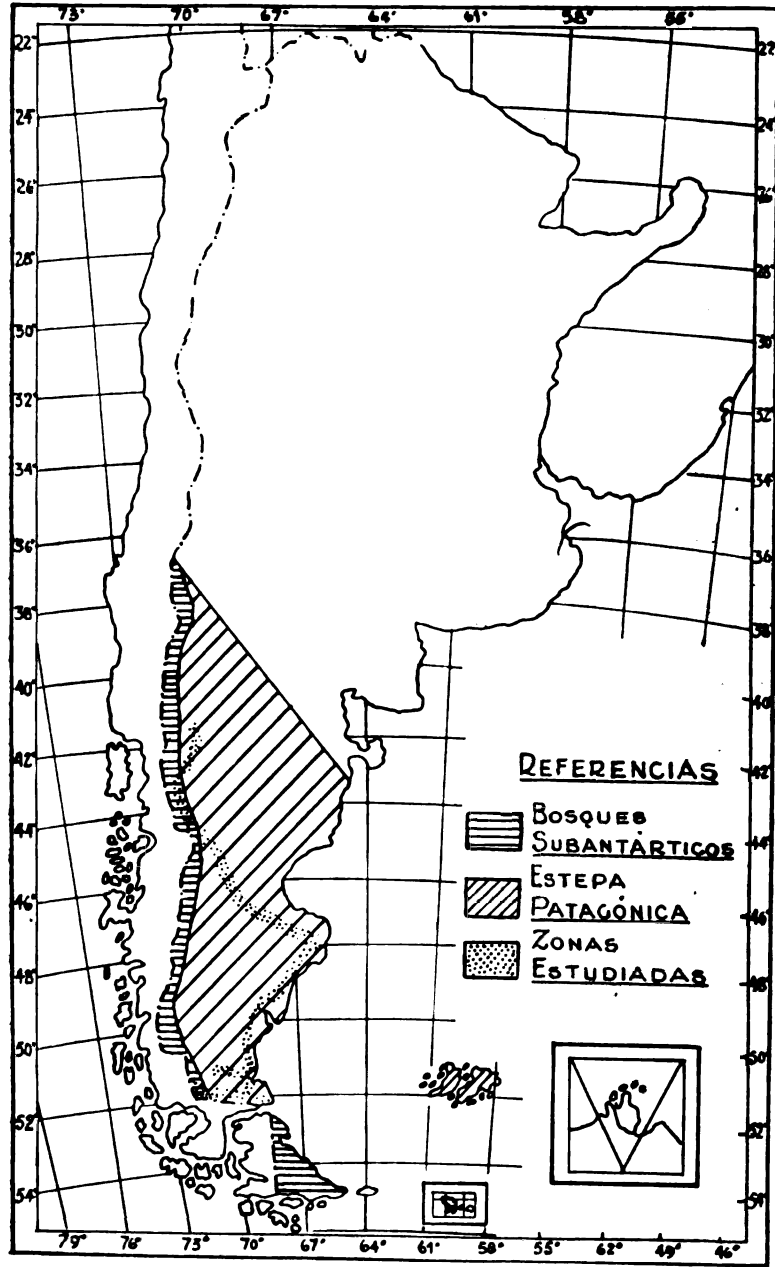


Fig. 1. — Regiones fitogeográficas de la Patagonia. (Parodi)

anuales varían desde 6° en el Sur, hasta 13° en el Norte. Las lluvias oscilan entre 150 y 300 mm anuales, ocurriendo en su mayor parte en verano.

El relieve montañoso y accidentado del Oeste, en la Cordillera Andina, coincide con la zona lluviosa y boscosa; mientras el centro y Este es una alta meseta, en parte afectada por accidentes orográficos e hidrográficos, forma valles, hondonadas y cañadones con microclimas especiales.

Los suelos, en general, son heterogéneos, poco evolucionados, arenosos o pedregosos, poco profundos (20-70 cm) y secos en las mesetas, mientras que son húmedos, arcillosos y más profundos en valles, cañadones y orillas de ríos, donde existe vegetación natural pratense. En la zona húmeda boscosa los suelos se caracterizan por su elevado tenor de materia orgánica, (humus), ácida.

Como es sabido, la explotación y cría del ganado ovino, de finas razas aclimatadas, es la principal actividad actual de la Patagonia. Por las adversidades climáticas, la agricultura se realiza en algunos lugares reparados (valles, cañadones, etc.), con suelo húmedo o con riego, cultivándose algunas frutas y hortalizas adaptadas a la zona, por lo general de corto ciclo vegetativo.

El conjunto de los factores climáticos, actúa sobre los distintos elementos orográficos, hidrográficos y fitogeográficos, dando lugar a la formación de suelos de determinadas características, que se pueden diferenciar en categorías. En base a ello y teniendo en cuenta principalmente las lluvias de la región y humedad del suelo, se han distinguido las siguientes zonas:

ZONA SECA (\simeq 100-400 mm de lluvia anual)

- A) suelo de estepa, seco.
- B) suelo de estepa seco, con riego (suelos cultivados).
- C) suelo de prado sobre curso de agua en estepa seca (vega).
- D) suelo de estepa semihúmeda de gramíneas (género *Stipa*).

ZONA HÚMEDA (\simeq 500-1.200 mm de lluvia anual)

- E) suelo de estepa húmeda (400-600 mm).
- F) suelo turboso en estepa húmeda (400-600 mm).
- G) suelo agrícola de valle boscoso (700-800 mm).
- H) suelo de bosque (700-1.200 mm).

La falta de antecedentes en el país y la acentuada escasez de trabajos de esta índole, nos indujo a investigar el estado de nitrificación en las distintas categorías de suelo, provocado por acción de bacterias nitrificadoras y su probable vinculación con los factores climáticos de la Patagonia Argentina. No obstante, se pudieron obtener algunas interesantes referencias sobre el tema (2, 4, 5 y 6).

Se consideró, además de los datos climáticos, (lluvias anuales, temperatura media anual, temperatura media del mes más frío y del mes más cálido), la cantidad de materia orgánica, el grado de acidez de los suelos y se observó su influencia en la actividad de bacterias nitrificadoras.

Se extrajeron muestras de suelos representativos de las condiciones ambientales de cada zona estudiada, en una profundidad de 0-40 cm, utilizando siempre para ello material esterilizado.

Para las determinaciones microbiológicas se utilizó, por cuadruplicado, el conocido método de placas de silico-gel de Winogradsky (6), refiriendo los resultados a colonias o centros de nitrificación existentes, por gramo de suelo.

Se estudiaron los suelos característicos de los siguientes puntos patagónicos: Río Turbio, Bella Vista, Green Gross, Monte Aymond, La Esperanza, Puerto Coig, Comandante Piedrabuena, Florida Negra, San Julián, Tellier, Fitz Roy, Las Heras, Senguerr, Gobernador Costa, Esquel, El Bolsón, Bahía López, Lago Mascardi, Lago Correntoso y Sañicó. Los resultados obtenidos pueden verse en la tabla adjunta.

TABLA
Zona seca

Suelos representativos de :	Lluvia anual (mm)	Temperatura media anual (°C)	Temperatura media (enero) (°C)	Temperatura media (julio) (°C)	Materia orgánica %	pH	Nitrificación Colonias o centros de nitrificación existentes por gramo de suelo.
-----------------------------	-------------------	------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	--------------------	----	--

A) SUELO DE ESTEPA, SECO

I Bella Vista.....	250-300	6	13	1	2,45	6,6	124
II La Esperanza.....	250-300	6	13	1	1,77	7,2	300
III Puerto Coig.....	200-250	8	13	2	1,93	6,9	460
IV Piedrabuena.....	100-200	9	14	2	1,31	7,2	644
V Florida Negra.....	150-200	9	15	3	2,65	7,5	720
VI San Julián.....	150-200	9	15	3	1,76	7,4	600
VII Tellier.....	150-200	10	16	5	2,86	8,1	430
VIII Fitz Roy.....	150-200	10	17	3	1,46	6,3	660
IX Las Heras.....	200-250	9	17	3	2,17	8,5	664
X Senguerr.....	150-200	7	15	2	2,31	7,3	552

B) SUELO DE ESTEPA SECO, CON RIEGO (SUELOS CULTIVADOS)

IVa) Piedrabuena.....	100-200	9	14	2	3,83	7,3	1040
VIIa) Tellier.....	100-200	10	16	5	3,33	8,2	800

C) SUELO DE PRADO SOBRE CURSO DE AGUA EN ESTEPA SECA (VEGA)

XI Green Gross.....	250-350	6	13	1	4,07	6,3	64
Xa) Senguerr.....	150-200	7	15	2	4,02	5,1	20
XII Gob. Costa.....	150-200	9	17	3	4,34	8,0	134

D) SUELO DE ESTEPA SEMIHÚMEDA DE GRAMÍNEAS (GÉNERO « STIPA »)

XIII Monte Aymond.....	300-400	7	12	2	3,93	7,7	596
XIV Sañicó.....	300-400	11	17	5	20,7	8,7	350

Suelos representativos de :	Lluvia anual (mm)	Temperatura media anual (°C)	Temperatura media (enero) (°C)	Temperatura media (julio) (°C)	Materia orgánica % ₁₀	pH	Nitrificación Colonias o centros de nitrificación exis- tentes por gramo de suelo.
-----------------------------	----------------------	------------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	----	--

Zona húmeda

E) SUELO DE ESTEPA HÚMEDA

XV Río Turbio	400-600	5	12	1	11,97	6,0	1524
XVI Esquel	500-600	8	15	2	8,88	6,0	824

F) SUELO TURBOSO EN ESTEPA HÚMEDA

XVa) Río Turbio.....	400-600	5	12	1	63,92	5,0	55
----------------------	---------	---	----	---	-------	-----	----

G) SUELO AGRÍCOLA DE VALLE BOSCOZO

XVIII El Bolsón.....	700-800	9	15	2	11,58	5,1	170
----------------------	---------	---	----	---	-------	-----	-----

H) SUELO DE BOSQUES

XVIIa) El Bolsón.....	700-800	9	15	2	17,48	5,9	140
XVIII Bahía López	1000-1200	8	15	2	5,88	6,3	30
XIX Lago Mascardi.....	1000-1200	9	15	3	25,39	6,4	60
XX Lago Correntoso.....	1000-1200	9	15	3	5,10	5,2	0

NITRIFICACION

ZONA SECA (\approx 100-400 mm anuales de lluvia)

De acuerdo a los datos de la tabla, en los *suelos de estepa seca* (A) y *semi-húmeda* (D), la nitrificación fué apreciable y uniforme, más de 500 colonias promedio por g de suelo; registrándose la menor nitrificación en las regiones de temperaturas más bajas (suelos I y II).

El pH fué en general neutro o superior a 7,0 y su contenido en materia orgánica muy escaso, si se compara con los restantes suelos estudiados.

Algunos de los mismos suelos (IVa, VIIa) *sometidos a riego y agricultura* (B), casi duplicaron el número de colonias nitrificadoras aparecidas.

En los suelos de *prado a orilla de ríos* (C), la nitrificación fué muy escasa, disminuyendo aún más en suelos ácidos.

ZONA HÚMEDA (\approx 500 a 1.200 mm anuales de lluvia)

En los suelos (XV y XVI) correspondientes a *estepa húmeda* (E), se obtuvieron los datos de nitrificación más elevados: 1.524 y 824 colonias por g/suelo, a pesar de su acidez, su alto contenido en materia orgánica y las bajas temperaturas de las regiones.

El suelo (XVa) *turboso, de estepa húmeda* (F), que corresponde a la misma región que el suelo XV, dió una nitrificación insignificante, unas 55 colonias por g/suelo, debido posiblemente a su enorme contenido de materia orgánica ácida (63,9 %).

El suelo (XVII) *agrícola de valle boscoso* (G), cultivado con cereales adaptados a la región, acusa alta cantidad de materia orgánica (11,5 %) y acidez elevada (pH 5,1). Su nitrificación fué escasa: 170 colonias por g/suelo. Es de destacar que varias colonias de nitrificación típica, no acusaron reacción positiva clara, con el Trommsdorf.

En los *suelos de bosque* (H) la nitrificación varía de ínfima (suelos XVIII y XIX) a nula (XX). Ello se explica, debido a las copiosas lluvias y bajas temperaturas, ligada a la alta acidez y gran cantidad de materia orgánica, existentes en esas regiones.

Los otros factores considerados son:

Lluvias: Vemos que en regiones de lluvias escasas, 100-400 mm anuales (A a D) y medianas, 400-600 mm anuales (E), se obtuvieron los índices de nitrificación más altos, mientras que donde más abundante es la lluvia, 800-1.200 mm anuales (F, G y H), la nitrificación fué muy pobre o inexistente.

Acidez: La influencia de la acidez de los suelos sobre la nitrificación no resultó ser constante. Así, en el suelo XII, con pH 8,0, la nitrificación fué baja, 134 colonias por g; mientras que en los suelos XV y XVI, con pH 6,0, la nitrificación resultó abundante, con 1.524 y 824 colonias, respectivamente, por g/suelo.

A más de lo anterior, llama la atención que haya nitrificación en suelos bien ácidos como el XVa y el XVII, cuyo pH es de 5,0 y 5,1, y que, como ya se dijo, varias colonias de nitrificación típicas no acusaron reacción positiva, clara, neta, con el Trommsdorf. Ello indicaría la existencia de especies estrictamente adaptadas a las condiciones del medio, o, de bacterias no comunes (4, 6).

Salvo los casos mencionados, en los suelos cuyo pH varía entre 6,9 - 8,5 fué donde se obtuvo el número más elevado de colonias nitrificadoras por g/suelo (2).

En suelos con pH inferior a 6,0 la nitrificación resultó escasa o nula.

Materia orgánica: Los suelos que contienen los datos más elevados de materia orgánica, corresponden a regiones boscosas de bajas temperaturas medias, lluvias abundantes y suelos ácidos, variando su tenor de 5,1 a 25,4 %. Un suelo turboso de la región acusó 63,9 % de materia orgánica. La nitrificación en estos suelos es muy despareja. En general es escasa, pero hay algunos con 20-11 y 8 % de materia orgánica que acusan un alto porcentaje de bacterias nitrificadoras.

Los suelos de menor contenido de materia orgánica, varían de 1,3 a 2,8 % y corresponden a regiones no ácidas, con pH neutro o mayor que 7,0, con temperaturas medias algo más elevadas y con lluvias muy escasas. En todos estos suelos la nitrificación fué uniforme y bastante buena.

Los mismos suelos, bajo riego y agricultura aumentan el contenido de materia orgánica (1,3 a 3,8 % y 2,8 a 3,3 %).

Temperaturas: Las temperaturas medias anuales (1) del mes más cálido (enero) y del mes más frío (julio) indican que las regiones estudiadas se caracterizan por el invierno largo y severo, y por la falta de calor en verano.

Las temperaturas más rigurosas (media anual 5°-9° C; media de enero 12°-15° C; media de julio 1°-3° C) corresponden al Sud y Oeste, coinciden con las regiones boscosas, lluviosas y húmedas, de suelos ácidos y mucha materia orgánica; en ellas, salvo excepción, la nitrificación es ínfima o nula.

Las temperaturas más altas (media anual 7°-10° C, media de enero 14°-17°; media de julio 2°-5°) se registran en el Este, en regiones de estepa, que corresponden a lluvias muy escasas, con suelos no ácidos y muy pobre contenido de materia orgánica, siendo considerable su nitrificación.

Resumen. — Los suelos patagónicos estudiados se agruparon en categorías, de acuerdo a las regiones fitogeográficas a que pertenecen y a la cantidad de lluvia anual que reciben. En ellos se estudiaron los siguientes factores, que fueron relacionados con los datos de nitrificación:

Lluvias: En las zonas secas ($\approx 100-400$ mm) y poco lluviosas ($\approx 400-600$ mm) se obtuvieron los índices de nitrificación más elevados; en las zonas lluviosas (700-1.200 mm) la nitrificación observada fué muy pobre.

Temperaturas: En las zonas del Sud y Oeste se registran las temperaturas más rigurosas, (media anual 5°-9°) y allí se observa escasa nitrificación. En la zona del centro y Este las temperaturas son más elevadas (media anual 7°-10°) y allí se aprecia buena nitrificación.

Acidez: En líneas generales los suelos ácidos muestran muy poca actividad bacteriana, pero se obtuvo nitrificación a pH 5,0. El mayor número de colonias nitrificadoras se encontró a pH 6,0.

Materia orgánica: Si bien en general el exceso de materia orgánica no favorece la actividad de estas bacterias, hubo suelos con elevado tenor de materia orgánica (20-11 y 8%) que acusaron buena nitrificación.

Sintetizando: Los suelos cuya nitrificación bacteriana es ínfima o nula son ácidos, con abundantes lluvias, elevado tenor de materia orgánica en general y temperaturas rigurosas; pertenecen a los *Bosques Subantárticos*.

Los suelos con nitrificación apreciable y pareja son neutros o levemente ácidos, escasas lluvias, poco contenido de materia orgánica en general y mayor temperatura; pertenecen a la *Estepa Patagónica*.

Es de notar la influencia favorable que, sobre la nitrificación, ejerce el riego en suelos agrícolas de la zona seca.

Summary. — The Patagonic soils studied were classified in categories, according to phytogeographic regions and amount of annual rainfall.

Herein were investigated the following factors, in relation to nitrifying capacity:

Rainfall: In dry areas ($\approx 100-400$ mm) or areas with scarce rainfall ($\approx 400-600$ mm) the highest indexes of nitrification were obtained, whereas in places where rain was more abundant (700-1.200 mm) nitrification was negligible.

Temperatures: The crudest temperatures (annual mean 5°-9°) correspond to the South and West, and there we observe a poor nitrification. In the middle and East areas are recorded the highest temperatures and also a considerable degree of nitrification.

Acidity: Generally, the acid soils show very little bacterial activity but was founded nitrification at pH 5,0. The highest nitrifying capacity was founded at pH 6,0.

Organic matter: Although generally the excess of organic matter is not favourable to activity of nitrifying bacteria, there were soils with big amount of organic matter (20-11 and 8%) that show a good nitrification.

In synthesis: The soils whose bacterial nitrification was negligible or null, are acid, with abundant rains, big amount of organic matter in general and low temperatures, belong to *Subantartic woods*.

The soils with appreciable and regular nitrification are neutral or slightly acid, scant rain, poor organic matter generally, higher temperatures, belong to the *Patagonic steppe*.

The favourable influence should be noted which on nitrification is exercised by watering in agricultural soils of the dry zone.

BIBLIOGRAFIA

1. Dir. Met. Geofis. Hdr. (1944), Argentina.
2. GARBOSKY, A. J., *Rev. Fac. Agr. La Plata*, 26, 61-69 (1946), Argentina.
3. PARODI, L., *Pl. and Pl. Sci. Lat. Am.*, 127, 132, (1945), U.S.A.
4. PONTOVICH, V. E., *Trud. Inst. Fiziol. Rast. Tim.*, 7, 51 (1950). Moscú.
5. WELLS, E. G., *Emp. Cott. Grow. Rep.*, 1946-47-48 (5), Queensland, U.S.A.
6. WINOGRADSKY, S., *Microb. du Sol*, 291-343 (1949), Francia.