

La organización del suelo

***Grünberger O., Janeau J.-L.
y Reyes-Gómez V. M.***

Introducción

Las manchas de vegetación (o manchones) descritos en la primera parte, son objeto de un estudio edafológico a través de la realización de varios transectos que cortan las diferentes unidades definidas por la organización de los estados de superficie. En efecto, una vez definida la función externa de estas unidades es necesario asegurarse que las estructuras internas del suelo correspondan al funcionamiento observado en la superficie.

Materiales y métodos

Un corte de 8 m de longitud, 1.5 m de profundidad y 0.7 m de ancho fue realizado en mayo de 1994. El corte inicia en una mancha de *Hilaria* sp., atraviesa el peladero (área desnuda) y se termina en un montículo sobre el cual crece *Prosopis* sp. El transecto sigue la pendiente arriba de la zona de mancha. La topografía del transecto se realiza con un nivel de precisión de 0.5 cm de exactitud.

Un segundo corte, con las mismas características pero con una longitud de 3 m, había sido efectuado en mayo de 1992. Ese corte inicia en el peladero y termina en una mancha de *Hilaria* sp. bordeada de *Suaeda* sp. Evidencias de perturbaciones de los estados de superficie por la sal son observadas en el margen de la mancha de vegetación.

Los cortes están descritos de manera fina cada 50 cm, donde se recogió el suelo representativo de cada nivel

observado para analizarse en el laboratorio, determinando: la humedad a 55°C, la humedad entre 55°, 105°C y en soluciones de suelo (lixiviación 1:16) las conductividades eléctricas y los contenidos en iones de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- y Cl^- .

Resultados y discusiones

Descripciones del corte de 8m

sin *Suaeda* sp.

En la Figura 71 se ilustra un diagrama del corte que se describe a continuación:

Bajo la mancha y el peladero

A: [0-10 cm] Muy claro (blanco), cantidad abundante de raíces de talla media. Pocas raíces inactivas. Estructura en agregados irregulares de talla media de 0.5 cm. La consistencia del horizonte es dura, con textura fina.

S: Bajo la mancha [10-40 cm], transición neta, color café, aparición de fisuras finas [0-0.3 cm] que alcanzan los 40 cm de profundidad. Raíces en cantidades moderadas, finas. La estructura es sub-angular, con agregados sólidos y de talla media de 1 cm. Las fisuras producen un efecto columnar sobre la estructura. Macro porosidad vesicular moderada.

Yp: En la mancha [40-62 cm], fuera de la mancha [10-62 cm]: transición neta, color café más oscuro. Algunas raíces muy finas. Agregados sub-angulares [0.1-0.5 cm] de consistencia más frágil. Más húmedo. Presencia importante de

manchas blanquecinas indicando la existencia de yeso de tipo lenticelas [0-0.2 cm]. Textura fina.

C: [62-150 cm] Más húmedo, consistencia más frágil que el anterior, color café más oscuro. Estructura muy compacta, con textura al tacto muy fina. Textura limonosa excepto en presencia de nódulos de yeso. El yeso es mucho menos abundante y su forma es muy irregular no lenticelar.

[90-100 cm] Más nódulos de yeso, aparición de manchas oscuras.

[100-120 cm] Los nódulos de yeso desaparecen, las manchas oscuras aparecen de forma más abundante y sus colores son más bien con tonos rojos.

Bajo el montículo

A11: [0-40 cm]

[0-20 cm]: Color rosáceo. Estructura frágil con agregados centimétricos, abundantes hojas de *Prosopis* sp. (10%). Fuerte porosidad.

[20-35 cm]: Presencia de deshechos vegetales pero menos cantidad de hojas de *Prosopis* sp. Consistencia polvorienta.

[35-40 cm]: Lado del montículo.

A12:[40-78 cm]: Color grisáceo, estructura muy fina, algunos restos vegetales, muy pulverulenta, depósitos laminares de tipo eólico sueltos al tacto.

[70-78 cm]: raíz de *Prosopis* sp.

Yp:[70-86 cm]: Transición neta. Color café oscuro. Algunas raíces muy finas. Agregados subangulares [0.1-0.5 cm] con

consistencia muy frágil. Más humedad aparente. Manchas blancas de yeso. Se trata de un yeso lenticelar [0.1-0.2 cm]. Textura general fina. El yeso presenta un aspecto menos reciente y parece de productos de disolución. La porosidad es más importante que en la zona de peladero a esta misma profundidad.

Descripción del corte de 3 m con *Suaeda* sp.

En el corte de 3 m, los horizontes observados son similares en su variación a los localizados entre la mancha y el peladero del transecto de 8 m. El horizonte enriquecido en yeso es más espeso bajo el peladero que bajo la mancha de vegetación. Importantes fisuras, mucho más anchas que en el primer corte, se observan en sentido vertical de la mancha. Las grandes fisuras se presentan sobre todo en el horizonte C, justo a una profundidad de 1 m. Cristales translúcidos de sales solubles aparecen en el horizonte C, al iniciar el peladero. Fenómenos de desagregación de la estructura del suelo por la sal se producen en los horizontes superficiales, en el límite entre las dos unidades.

Conclusiones parciales

Existe un horizonte continuo y generalizado que presenta un fuerte contenido de yeso. Este horizonte debe presentar un comportamiento original desde el punto de vista de la hidrodinámica (Figura 71). Su estructura aparentemente impregnada de yeso, le atribuye una rigidez relativa en comparación con los otros horizontes y le da un carácter

más impermeable. De igual manera, es posible que este horizonte sea más difícil de penetrar por las raíces de herbáceas. La zona desnuda presenta el suelo no modificado por los fenómenos de disolución. Abajo de este horizonte, el suelo parece globalmente el mismo sobre todo el corte.

Bajo la mancha este horizonte es mucho menos importante, y al parecer da lugar, por disolución, a un horizonte sin yeso, con una estructura más reafirmada, una porosidad importante y un sistema de fisuras finas que permite una penetración más fácil de raíces y probablemente un cierto hinchamiento, luego de la humidificación. La depresión proviene luego de la disolución parcial y puntual del yeso del horizonte enriquecido por éste. En el caso del transecto menor esta disolución afecta de la misma manera a la halita. Esta disolución progresa verticalmente (de la superficie a la profundidad) y la pérdida de materia soluble es una de las causas de la depresión topográfica de la mancha. La infiltración facilitada dentro de la mancha y la presencia de vegetación (Capítulo 4) produce ciclos de desecación y humectación que se traducen por cambios de volúmenes importantes debido a la presencia de minerales arcillosos y de estructura. A estos movimientos de masa se opone la rigidez del horizonte rico en yeso, lo que produce fisuras en el límite del peladero. Este fenómeno es más marcado mientras exista un mayor contraste de salinidad entre la mancha y el peladero.

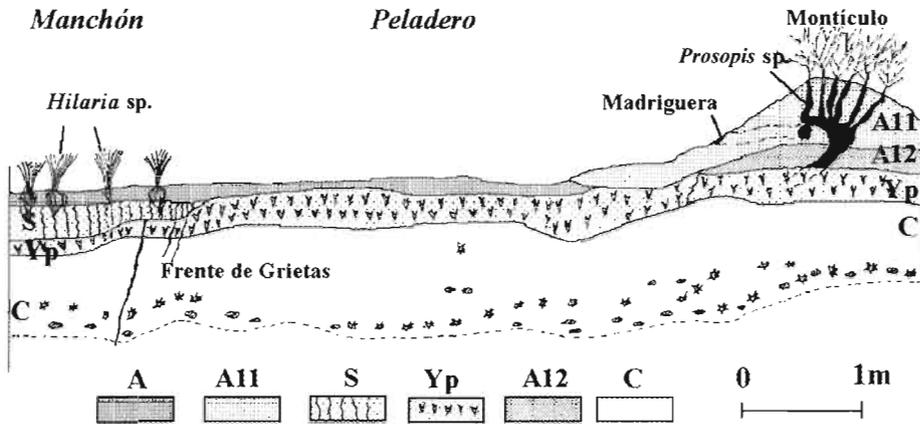


Figura 71: Corte edafológico esquemático del transecto de 8 m entre la mancha (a la izquierda), el peladero (zona desnuda, al centro) y el montículo (a la derecha).

► Encima de un horizonte sin gran variación (C), que contiene nódulos de yeso y manchas de óxido de hierro, en sentido de la profundidad, se encuentran un horizonte (Yp) con mucho yeso bajo el peladero y bajo el montículo. Bajo la zona de vegetación herbácea se encuentra un horizonte sin yeso con una estructura bien definida. Bajo el montículo, a nivel del peladero, se presenta un (A12) de arenas muy finas en capas laminares de tipo eólicas. El horizonte de superficie es distinto en el peladero y la mancha (A), donde es masivo y compacto, mientras que en el montículo, el horizonte (A11) es el resultado de la actividad de la fauna.

Bajo el montículo la capa con fuerte contenido de yeso muestra evidencias de disolución y de recristalización parcial. Sin embargo, esta disolución parcial no permite la instalación de un horizonte propicio para la vegetación herbácea. Sobre la capa rica en yeso se forma, con ayuda del obstáculo

del mezquite, una capa de arenas finas por acumulación eólica de los productos del arbusto, así como una acumulación de productos de escurrimiento. El horizonte de superficie es debido a que después de que se instalan los roedores, cruzan el material del horizonte arenoso y el límite del horizonte rico en yeso. Las madrigueras no atraviesan el horizonte rico en yeso debido a su dureza.

Calidades químicas del suelo

Los resultados sintéticos están señalados en la Tabla 35. Los contenidos en sal de los extractos 1:16 muestran que el ión sodio domina sobre los otros iones. La presencia constante de yeso hace que el ión sulfato (calculado por diferencia del balance iónico) esté más representado que el ión cloruro. El pH presenta poca variación, lo que deja suponer la presencia de carbonato de calcio que estabiliza este parámetro. La humedad

ponderal es considerable para un suelo de zonas áridas. La salinidad expresada es elevada pero presenta muchas variaciones. Los contenidos en iones más bajos (K^+ , HCO_3^-), son los que presentan los coeficientes de variación más elevados.

En promedio, los contenidos son los mismos en los dos casos, a pesar de que un ligero exceso en los contenidos del ión Na^+ se refleja en la salinidad global del transecto

de 3 m. Se observan ligeras diferencias entre los coeficientes de variación observados en los dos sitios para los mismos parámetros. Por ejemplo, las variaciones sobre el índice de yeso son más importantes en el corte de 3 m. Al contrario, un coeficiente de variación más elevado de los contenidos en iones potasio se produce en el corte de 8 m mientras que los contenidos iónicos de los extractos son del mismo orden.

Tabla 35
Resultados de los análisis de suelos realizados en los cortes de 8 m y de 3 m

Cortes		Corte de 8 m (sin <i>Suaeda</i> sp.)		Corte de 3 m (con <i>Suaeda</i> sp.)	
Número de muestras		80		60	
Parámetros	Unidades	Media	C.V.	Media	C. V.
Humedad a 55°C	(%)	12.03	0.50	10.81	0.57
Índice de yeso	(%)	12.16	0.37	12.14	0.56
Ca^{++} *	(meq l ⁻¹)	12.11	0.72	11.16	0.82
Mg^{++} *	(meq l ⁻¹)	0.72	0.51	0.64	0.55
K^+ *	(meq l ⁻¹)	0.19	1.52	0.13	0.21
Na^+ *	(meq l ⁻¹)	24.22	0.54	29.25	0.48
Cl^- *	(meq l ⁻¹)	8.97	0.30	n.m.	n.m.
HCO_3^- *	(meq l ⁻¹)	0.87	0.76	n.m.	n.m.
C.E. *	($\mu S\ cm^{-1}$)	3844.01	0.39	4764.40	0.38

* Medido en extracto 1:16.; C.E., Conductividad eléctrica; n.m., no medido; C.V., Coeficiente de variación.

► Los contenidos medios, en el caso del muestreo de los dos cortes repartidos espacialmente de manera homogénea, representan la cantidad global de sales solubles de cada corte y permiten la comparación entre los contenidos. Las transformaciones que se pueden poner en evidencia entre los

dos cortes son mínimas, se producen en los contenidos constantes y afectan poco los coeficientes de variación (excepto Ca^{2+} , yeso) donde los coeficientes de variación son más importantes en el corte de 3 m, lo que indica una dispersión más importante de los valores.

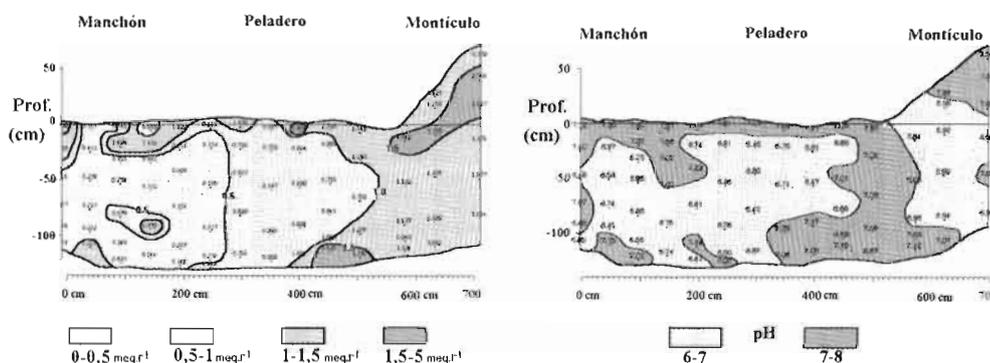


Figura 72. Contenidos en carbonatos y pH de los extractos 1:16 de las muestras del transecto de 8 m.

Reparticiones espaciales

Carbonatos solubles

Los contenidos en carbonatos solubles siguen una evolución gradual de la mancha al montículo (Figura 72). Bajo la mancha de vegetación las cantidades son inferiores a 0.5 meq l^{-1} , mientras que dentro del montículo, los contenidos del extracto son superiores a 1.5 meq l^{-1} . Este gradiente bien diferenciado puede ser causado por dos fenómenos:

- Debido al flujo hídrico del manchón, en sentido al peladero, se produce una disolución de carbonatos bajo la mancha,

los que se precipitan más lejos bajo el peladero o el montículo.

- El montículo es una fuente importante de carbonatos debido a la actividad de la fauna en el montículo (producción de CO_2).

Es difícil determinar sobre la importancia relativa de cada uno de estos procesos, es posible que la zona de pH relativamente elevada representara el límite entre estos dos fenómenos.

Humedad

En los dos cortes se observó una fuerte humedad (a 55°C) a profundidad. Un fuerte

gradiente de humedad, relativamente homogéneo, existe en el primer metro de suelo. En el corte de 3 m, las humedades son más fuertes al interior de la mancha así como en el límite mancha-peladero, (inicio del perfil).

Las humedades entre 55°C y 105°C son un índice de la presencia de yeso. En los dos cortes, un horizonte intermediario rico en yeso aparece netamente. En el corte de 8 m, este horizonte parece alcanzar el nivel del peladero bajo el montículo. Se establece en aproximadamente 10 cm bajo el peladero y a 30 cm bajo la mancha (Figura 73). En el corte de 3 m el horizonte a fuerte humedad [55-105°C] aparece de la misma manera en superficie de la mancha, y sobre todo es más delgada a nivel del peladero. Al contrario del corte de 8 m, las observaciones de campo no coinciden con la presencia del horizonte ancho de yeso a baja profundidad de la mancha de vegetación.

Salinidad

La conductividad eléctrica de los extractos representa el carácter salino del suelo. La repartición espacial de este parámetro muestra un carácter contrastado en los dos cortes (Figura 73 y Figura 74). A profundidad, el suelo presenta conductividades en extractos superiores a 4000 S cm⁻¹.

En el corte de 8 m la salinidad es más elevada bajo el peladero. Los horizontes superficiales presentan conductividades menos elevadas en extractos, sobre todo en la mancha, donde las capas con conductivi-

dades inferiores a 2000 S cm⁻¹ se establecen justo hasta los 30 cm de profundidad, mientras que bajo las zonas desnudas esta salinidad es rebasada por los horizontes mucho más superficiales.

El montículo presenta conductividades más elevadas, probablemente al trabajo de los roedores quienes acarrear a la superficie un material más cargado en sal. En el límite peladero-montículo, una zona con una salinidad débil se distribuye justo a los 60 cm de profundidad. Los contenidos en iones Cl⁻ del corte de 8 m muestran que, en general, los contenidos en cloruros son más elevados con la profundidad. Sin embargo, si la mancha y el montículo presentan horizontes superficiales menos cargados en cloruros, no es lo mismo para el peladero que presenta fuertes concentraciones en superficie.

En el corte de 3 m, el contraste de salinidad es muy fuerte entre la mancha y el peladero. Bajo el manchón, las medidas de conductividad inferiores a 3000 S cm⁻¹ se establecen a profundidades de 80 cm, mientras que bajo el peladero, las conductividades más fuertes están en los horizontes entre 30 y 90 cm de profundidad. El “bulbo” de salinidad alcanza la superficie en el límite del peladero-mancha, lo que explica la implantación de *Suaeda* sp. y la desagregación o desmoronamiento de los estados de las organizaciones superficiales. La misma organización es observada para los contenidos en iones de Na⁺.

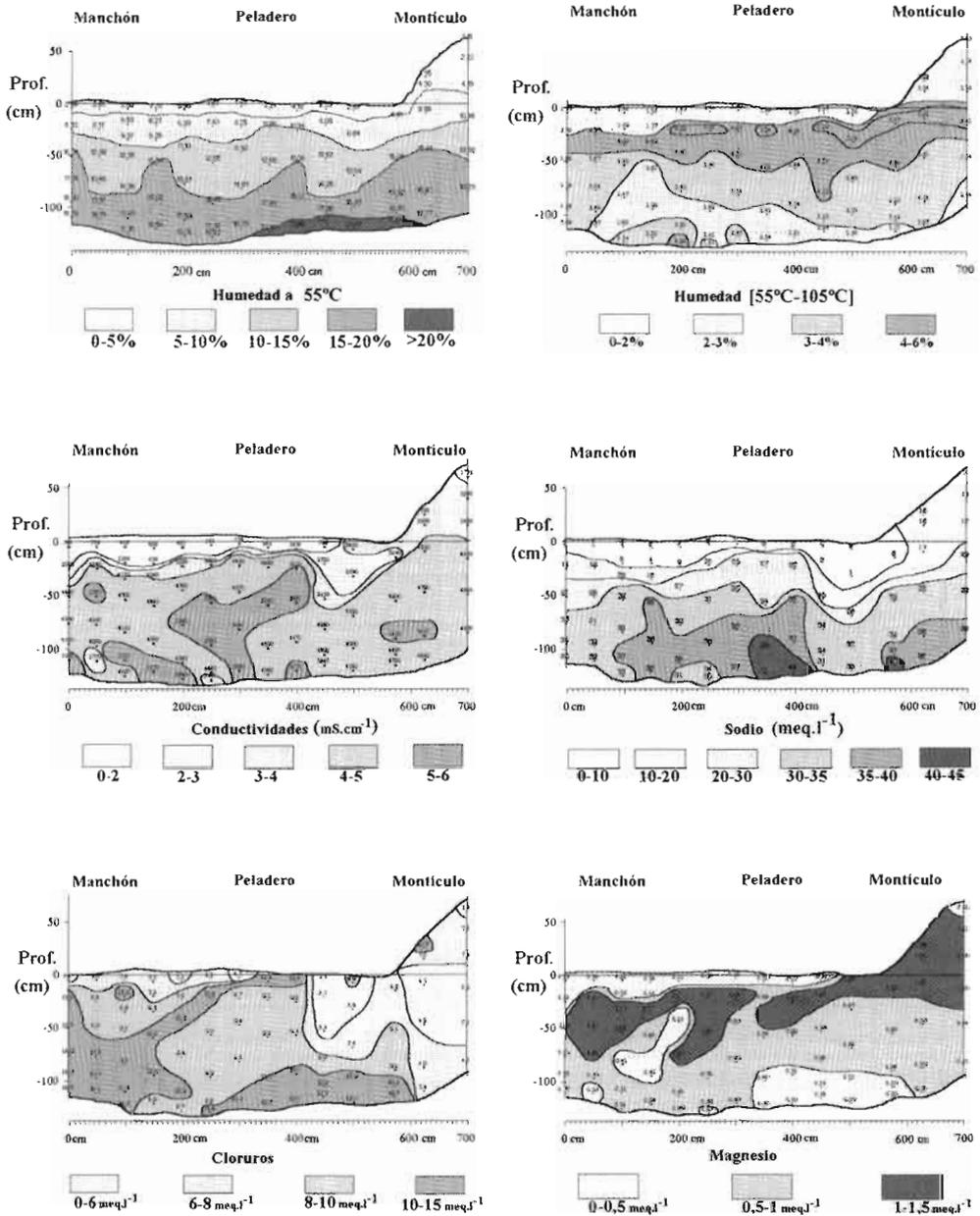


Figura 73. Resultados sobre las muestras de suelos del transecto de 8 m. Humedades máxicas (%) a 55°C y entre 55°C y 105°C, conductividades (mS cm⁻¹), y contenidos en iones Na⁺, Cl⁻, Mg²⁺, de extractos 1:16. La mancha está a la izquierda, el peladero (zona desnuda) al centro, y el montículo a la derecha.

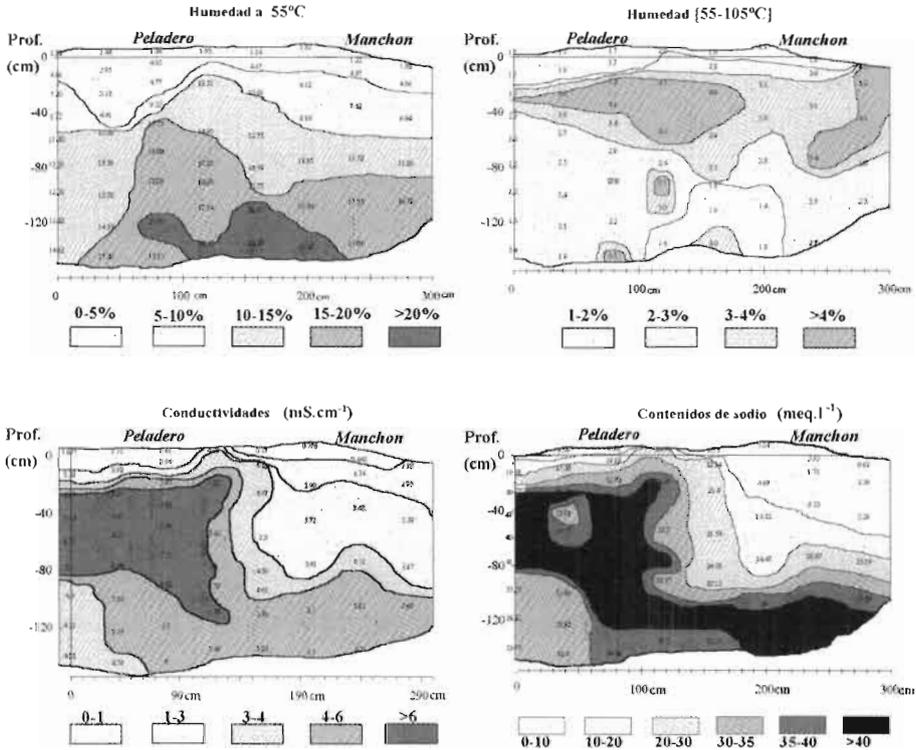


Figura 74. Resultados de las muestras de suelo del transecto de 3 m (Corte con *Suaeda* sp.). Humedades máscas (%) a 55°C y entre 55°C y 105°C, conductividades (mS cm⁻¹), y contenidos en Na⁺ (extractos 1:16). La mancha está a la derecha, el peladero (zona desnuda) a la izquierda.

Conclusiones

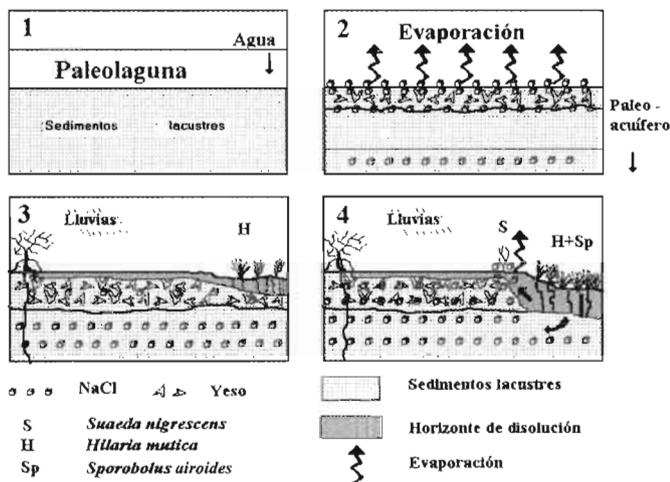
El estudio de las características del suelo muestra que la presencia de manchones de vegetación está ligada al espesor, más o menos importante, de un horizonte enriquecido en yeso, probablemente producto de un acuífero salado que en lo sucesivo se encontraría hasta unos quince metros de profundidad. Este horizonte está situado a unos diez centímetros de profundidad del peladero, y al nivel de la superficie de este último en el montículo no existe, o existe de forma muy fina en el caso de la mancha.

Si se acepta la hipótesis de que el horizonte de yeso no fue originalmente reconstruido debido al nivel probable y actual del acuífero, el conjunto estructural del perfil sería el producto, en este caso el limitante de la disolución sería la repartición de los flujos (Capítulo 4). Los dos ejemplos de manchas estudiadas (disolución completa de yeso, en solamente la parte alta de este horizonte) muestran que diferentes situaciones se alcanzan según la intensidad de disolución que se presente. La disolución total bajo la mancha, del horizonte de yeso y el lavado de la salinidad producen fuertes gradientes en

los contenidos de cloruros de sodio, que inducen la repartición de la vegetación. Es muy importante mencionar que estos movimientos se producen en contenidos globales constantes, como se muestra en la Tabla 35. De hecho, solo la repartición de los elementos parece cambiar a través del tiempo.

En lo que respecta al montículo, un origen eólico y por actividad de animales puede ser propuesto para explicar el relieve que se instala alrededor de *Prosopis* sp. Bajo

el montículo, el horizonte de disolución no aparece con relación al yeso, a pesar de que la salinidad es inferior a la del peladero. Siendo el montículo un lugar de infiltración importante, es probable que las aguas que se infiltran se saturan en yeso y que este hecho proteja al horizonte subyacente. Finalmente, puede elaborarse un escenario (Figura 75) que describe los posibles pasos del establecimiento de esta contracción particular de vegetación.



1-2. El fondo de la laguna se origina o emerge a partir de un movimiento relativo entre el nivel freático y el fondo de la laguna. El yeso y la halita se concentran en los horizontes superficiales por efecto de la franja capilar de un antiguo acuífero.

3. Bajo la influencia del agua de lluvia se produce una desalinización superficial, la parte superior del horizonte yesoso se disuelve. En estos sitios donde la disolución es suficiente, y donde las aguas superficiales tienen tendencia a acumularse, las plantas herbáceas se instalan para reforzar el fenómeno de disolución. El horizonte yesoso se adelgaza, pero permanece continuo, la desalinización no afecta el suelo de profundidad. Donde el horizonte de disolución es suficientemente importante una modificación del comportamiento físico del suelo comienza a producirse y se traduce por la presencia de ligeras fisuras de desecación.

4. Luego que la disolución es reforzada la capa de yeso desaparece, la depresión es más importante y ayuda al almacenamiento de agua. La salinidad queda restringida a profundidad y bordes de la mancha bajo el efecto de los flujos hídricos centrifugos. El contraste del comportamiento mecánico, bajo la influencia de la disolución del yeso es muy importante; se opone a ello un suelo de manchas con fuertes modificaciones de volumen sobre un suelo petrificado de yeso muy rígido y sin aporte de agua

Figura 75. Esquema descriptivo del posible escenario de constitución de una contracción de vegetación.

Las
playas
del
desierto
chihuahuense
(parte mexicana)

Editores

Olivier Grünberger
Víctor Manuel Reyes-Gómez
Jean-Louis Janeau



Primera edición, 2004

D.R. © 2004

Instituto de Ecología, A.C.

Km 2.5 carretera antigua a Coatepec No. 351

Congregación El Haya, C.P. 91070

Xalapa, Ver., México

e Institut de Recherche pour le Développement

Calle Cicerón No. 609

Col. Los Morales, C.P. 11530

México, D.F., México

ISBN 970-709-048-0

Impreso en México - *Printed in Mexico*

Título: Las playas del desierto chihuahuense (parte mexicana). Influencia de las sales en ambiente árido y semiárido

Editores: Olivier Grünberger, Víctor Manuel Reyes-Gómez y Jean-Louis Janeau

Coordinación editorial: LDG. Liliana Sánchez Vallejos

Diseño: Iván Flores Hernández y Fernando Rodríguez Hipólito

Revisión de estilo: Aída Pozos Villanueva

Traducción de textos en francés: Annie Soubic de Carrillo

Ilustraciones y fotografías de interiores: Jean-Louis Janeau

Fotografía de la portada: fotografía compuesta, imagen superior tipo LANSAT-TM (1996), imagen inferior Jean-Louis Janeau.

Forma sugerida para citar este libro: Grünberger O., V. M. Reyes-Gómez y J.-L. Janeau (eds). *Las playas del desierto chihuahuense (parte mexicana). Influencia de las sales en ambiente árido y semiárido*. 2004. IRD-INECOL, Xalapa, Veracruz, México, pp. 360.

D.R. © Ninguna parte de esta publicación, incluyendo el diseño de la cubierta, puede ser reproducida, traducida, almacenada o transmitida de forma alguna ni por ningún medio, ya sea electrónico, químico, mecánico, óptico, de grabación o de fotocopia, sin permiso previo del editor. Párrafos pequeños o figuras aisladas pueden reproducirse, dentro de lo estipulado en la Ley Federal del Derecho de Autor y el Convenio de Berna, o previa autorización por escrito de la editorial.

Las
playas
del
desierto
chihuahuense

(parte mexicana)

Influencia de las sales en ambientes
árido y semiárido

Editores

Olivier Grünberger
Víctor Manuel Reyes-Gómez
Jean-Louis Janeau

Instituto de Ecología, A.C.

Xalapa, Veracruz, México

Institut de Recherche pour le Développement

Paris, Francia

2004