

Cinética de mineralización de las aguas de escurrimiento sobre un suelo de playa y de sebkra

Reyes-Gómez V. M. y Grünberger O.

Introducción

Aun cuando ciertos movimientos de sales solubles pueden ser atribuidos al transporte eólico, la dinámica salina se presenta esencialmente en fase líquida por la disolución de las sales y el transporte de solutos y depósitos por precipitación (o intercambio). En la Reserva, los suelos de playa favorecen más el escurrimiento que la infiltración, con una notable excepción: el fondo de la sebkra. Por consiguiente, los movimientos de sal, al igual que los movimientos de agua, se producen esencialmente de manera lateral en la playa (Capítulo 2). Hasta ahora, la cinética de disolución de sales solubles no ha resultado suficientemente interesante para ser considerada en la obtención de la mineralización del agua al contacto de la superficie del suelo. Los autores tienen el hábito de razonar en función del equilibrio químico entre la fase líquida y la fase sólida. Sin embargo, cuando no existe saturación, como en el caso de las especies más solubles, o cuando la formación del mineral es muy lenta, los aspectos cinéticos son ciertamente dominantes. Las soluciones de escurrimientos naturales presentan concentraciones que reflejan la disolución de NaCl, CaSO₄ y el equilibrio en relación con la calcita (Capítulo 4).

El objetivo de este estudio consiste en cuantificar la mineralización del agua al primer contacto con la superficie del suelo, y poder hacer el seguimiento de los cambios en el transcurso de un evento pluvial.

Metodología

La utilización del minisimulador de lluvia nos pareció lógica en este marco, ya que presenta la ventaja de poder establecer,

en el campo, la definición de un determinado tipo de lluvia sobre una superficie dada de suelo. Las “aguas de lluvia” son obtenidas por desmineralización de agua de manantial con ayuda de resina catiónica y aniónica. El agua obtenida por esta vía se mantuvo con una conductividad muy baja, inferior a 30 S cm^{-1} con un cierto contenido de silicio disuelto que las resinas intercambiadoras no lograron retener (Figura 43). Las metodologías fueron las mismas que se utilizaron anteriormente en la caracterización hidrodinámica (ver Capítulo 2), sobre las parcelas de 1 m^2 . El experimento A incluye intensidades crecientes por tiempos definidos ($15, 40, 100 \text{ mm h}^{-1}$), en tanto que el experimento B describe un evento pluvial constante con escurrimiento constante.

La recolección se realizó mediante muestreo en serie del agua de escurrimiento.

Las muestras se filtraron y la temperatura, la conductividad y el pH fueron medidos en el campo. Los contenidos de iones HCO_3^- y Cl^- , así como las conductividades y el pH de todas las muestras fueron medidos nuevamente en laboratorio. Se estableció una evaluación de los contenidos de iones SO_4^{2-} , por comparación con la conductividad. De las 1500 muestras, 500 fueron seleccionadas para análisis de los iones Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+ . La selección se basa en criterios de discontinuidad de los parámetros medidos sobre todas las muestras. Las muestras que presentaron cambios bruscos de contenidos, en función del tiempo, fueron sistemáticamente analizadas. En los casos analizados de forma completa se calcularon índices de saturación de ciertos minerales, con ayuda del programa WateqF (Harvie *et al.*, 1984).

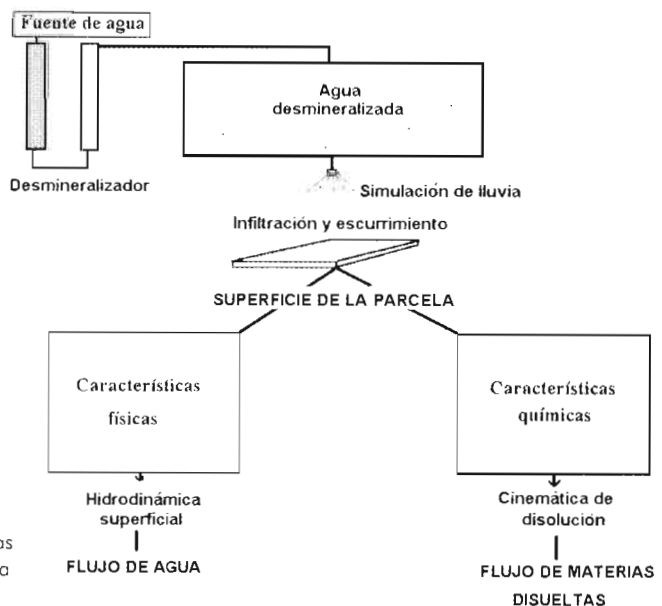


Figura 43. Esquema del principio de la caracterización hidrodinámica y química de la superficie del suelo.

Resultados y discusiones

Los resultados pueden ser examinados desde varios puntos de vista.

Por una parte, debido a que el mismo protocolo de lluvia con límites de intensidad creciente es aplicado sobre todas las estaciones, pueden establecerse comparaciones con base en la calidad media de las aguas de escurrimiento de cada parcela. Asimismo, las cantidades de solutos que se escapan de la parcela por escurrimiento durante el evento de simulación, pueden ser consideradas como una característica de la parcela.

Por otra parte, el análisis de evolución de los parámetros químicos durante la lluvia permite distinguir los esquemas repetitivos del comportamiento de las parcelas.

Características medias de las aguas de escurrimiento

Las aguas de escurrimiento generadas por simulación de lluvia con agua permutada presentan características similares a las de las aguas de escurrimiento recogidas en los colectores de lugares próximos a las parcelas de simulación. Sin embargo, es preciso recordar las diferencias notables que existen

entre los dos métodos de muestreo. El colector de escurrimiento recupera aguas en un medio abierto. El escurrimiento proviene, por tanto, de una zona más amplia que el simple metro cuadrado de la parcela. El agua recuperada proviene principalmente de los primeros escurrimientos, ya que una vez llena la botella de recolección, el muestreo termina, en tanto que el escurrimiento puede continuar contrariamente a lo que sucede en el protocolo de simulación donde el total de los escurrimientos es considerado. Finalmente, las botellas de los colectores de escurrimientos permanecen algunos días en el terreno expuestas al calor, en tanto que los muestreos de aguas de escurrimiento por simulación de lluvia son almacenados en hieleras. De manera general la mineralización global es inferior, en el caso de la simulación de lluvia (Tabla 25). Las conductividades medias tienen valores de entre 187.5 y 1989.7 S cm⁻¹. La estación 4 (Peladero) constituye un contraejemplo, ya que la mineralización del escurrimiento es más importante bajo simulación de lluvia que en los colectores. Sin embargo, veremos que los contenidos de sal de la superficie del suelo son variables en esta estación (Capítulo 4).

Tabla 25

Comparación, para algunas estaciones, entre la calidad media (ponderada por los volúmenes) de las aguas de escurrimiento obtenidas por simulación de lluvias durante el protocolo 1 y la calidad media de las soluciones captadas por los colectores de agua de escurrimiento para el año 1991

Situación		Vegetación		Peladero		Luneta yesosa		Fondo de sebkra		Desembocadura de La Vega	
Estación	Método	Sim.	Col.	Sim.	Col.	Sim.	Col.	Sim.	Col.	Sim.	Col.
Parámetros	unidad	1	1	4	4	Duna	11b	11	8	7	7
PH		7.17	7.45	7.71	8.11	8.30	7.71	8.07	7.86	8.36	8.18
Conductividad	S cm ⁻¹	187.50	568.30	300.90	198.60	860.10	918.20	1898.70	5184.70	528.80	1948.40
Ca ⁺⁺	meq l ⁻¹	1.18	4.65	1.40	1.60	7.08	17.04	18.63	6.78	2.06	5.44
Mg ⁺⁺	meq l ⁻¹	0.17	1.00	0.13	0.01	0.18	3.64	0.25	2.73	0.34	3.62
Na ⁺	meq l ⁻¹	0.42	1.96	1.21	0.79	0.48	0.39	1.31	47.14	3.03	23.90
K ⁺	meq l ⁻¹	0.13	0.54	0.09	0.11	0.19	0.30	0.16	0.53	0.15	0.26
Cl ⁻	meq l ⁻¹	0.07	3.84	0.16	0.68	0.04	3.88	0.49	43.27	1.26	28.13
HCO ₃ ⁻	meq l ⁻¹	1.49	3.28	1.39	1.96	0.71	5.44	0.31	2.87	1.64	3.01
SO ₄ ⁻	meq l ⁻¹	0.47	1.02	1.56	0.34	8.14	12.05	19.54	11.49	3.59	2.08

Sim.: escurrimiento de simulación de lluvia. Col.: escurrimiento natural captado por colector. Los valores en negritas corresponden a los contenidos de mismo orden de valor en los dos casos.

En el caso de las estaciones próximas a la laguna, (fondo de sebkra, desembocadura de La Vega y duna), el predominio de la disolución de yeso es observado en ambos casos. Las diferencias más importantes corresponden a los contenidos de iones de Na⁺ y de Cl⁻, donde las aguas de los colecto-

res presentan contenidos mucho más importantes.

Las concentraciones medias deben asimismo compararse con los valores obtenidos por lixiviación de las primeras muestras de suelo. La Tabla 26 ilustra esta comparación.

Tabla 26

Relación entre valores de los parámetros medidos en las aguas de escurrimiento de las parcelas de simulación de lluvia y los valores medidos en las aguas de lixiviación (1:16) de la superficie del suelo, (excepto los iones SO_4^{2-} meq l⁻¹ por % de yeso del suelo)

Parámetros considerados		pH	Cond	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
Características de parcelas	Código								
Vegetación	1	0.86	1.32	1.13	1.34	<i>1.48</i>	<i>0.96</i>	0.13	0.21
Peladero	3	0.86	0.99	0.92	0.90	<i>0.56</i>	<i>0.46</i>	0.48	0.48
Peladero	4	0.81	<i>1.81</i>	<i>2.03</i>	1.21	1.11	0.60	0.08	1.35
Vegetación	5M	0.84	<i>1.74</i>	1.67	<i>1.62</i>	0.86	<i>0.86</i>	0.07	0.41
Peladero	5P	0.75	0.84	<i>2.70</i>	1.08	0.43	0.81	0.21	0.63
Lecho La Vega	6	0.82	1.22	1.88	<i>1.46</i>	0.51	0.83	<i>1.70</i>	<i>3.94</i>
Desemb. La Vega	7	0.94	0.14	0.36	0.82	0.11	0.19	<i>0.77</i>	1.36
Fondo de Sebkra	11	<i>1.02</i>	0.37	0.68	0.34	0.04	0.45	0.57	1.30
Luneta	Du	<i>1.09</i>	0.81	0.66	0.02	<i>1.40</i>	0.87	0.12	3.38
Media		0.89	1.03	1.34	0.98	<i>0.72</i>	<i>0.67</i>	<i>0.77</i>	<i>1.45</i>
Coefficiente de variación		0.12	0.52	0.55	0.51	0.69	0.36	1.75	0.87

Los valores en negritas son los menos importantes; los valores de relación en cursivas los más importantes.

Las relaciones medias oscilan entre 0.7 y 1.4 según los parámetros. La relación media para la conductividad es cercana a uno, sin embargo, existen contrastes importantes entre las estaciones. La mineralización global de las aguas de escurrimiento de las estaciones afectadas por las sales es inferior a la de los extractos de lixiviación (1:16) del horizonte de superficie del suelo. Esa mineralización es, en compensación, igual o superior a la de los extractos de otras estaciones.

Las variaciones interestacionales se observan en los coeficientes de variación en la última línea de la Tabla 26. Los valores muestran que son menos importantes para las relaciones del K⁺ y del pH y más importantes para las relaciones de SO₄²⁻ y Cl⁻. Sin

embargo, se observa una cierta homogeneidad de la dispersión de las relaciones para los coeficientes de variación calculados para las relaciones entre la conductividad y los cationes Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ y Na⁺.

Las estaciones más próximas a la laguna (7, 11 y Du) son las que presentan las relaciones más débiles entre la conductividad y los cationes Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺ y el K⁺ e inferiores a la media para el Cl⁻ y el SO₄²⁻.

Si bien es cierto que los contenidos de escurrimiento bajo simulación de lluvia no pueden ser fácilmente ligados, ni a los contenidos de aguas de lixiviación de los suelos, ni a los contenidos de aguas de escurrimiento directo, las concentraciones de las aguas muestran una evolución muy

clara en términos de la toposecuencia (Figura 44).

En las playas alta y baja, las aguas de escurrimiento obtenidas presentan contenidos relativamente importantes en iones HCO_3^- y Ca^{2+} , sobre todo en presencia de vegetación, en tanto que hay una importante presencia de iones SO_4^{2-} y Na^+ en el Peladero. Los iones SO_4^{2-} y Ca^{2+} predominan ampliamente en las aguas de escurrimiento de la

estación de la luneta y en menor medida en las del fondo de laguna. Los iones de Cl^- y Na^+ predominan en el lecho de La Vega. En el caso de una evolución tan marcada de las facies de aguas de escurrimiento, resulta normal tratar de vincular la importancia de los aportes en materias disueltas con la escala de la playa.

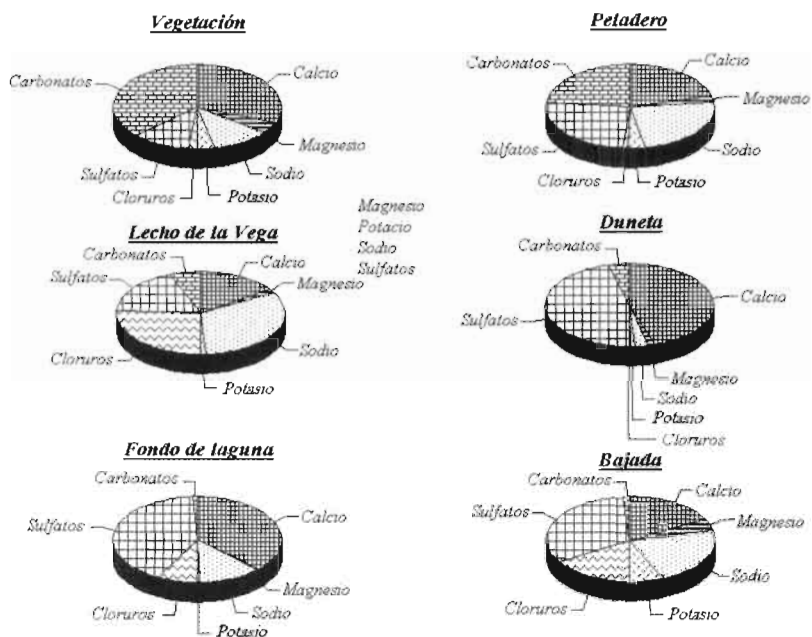


Figura 44. Distribuciones iónicas medias de las aguas de escurrimiento obtenidas por simulación de lluvia (experimento A), en función de las principales unidades geomorfológicas.

Geografía de los transportes iónicos

Las cantidades de iones que se producen de las parcelas durante la simulación, son calculadas como la acumulación de los productos de los volúmenes de agua de

escurrimiento por su concentración. Recordemos que este cálculo se efectuó únicamente en el experimento A, que es el mismo para todas las estaciones (Figura 45).

Carbonatos

La distribución de los balances en carbonatos para un mismo experimento (A) de lluvia es contrastada. Los balances bajos, inferiores a 15 meq, corresponden a las estaciones de playa alta, de bajada y a las estaciones de dunas y sebkra. Las estaciones intermedias (4, 5, 6 y 7) alcanzan balances muy elevados con un máximo de 61.5 meq para el Peladero de la estación 5. Se puede afirmar que la distribución del flujo de carbonatos generados por lixiviación de la superficie del suelo está principalmente vinculada con las características de la hidrodinámica.

Cloruros

Los contenidos de cloruros imponen al balance una distribución igualmente contrastada. Resulta muy sorprendente que

una superficie de bajada sobre lutita pueda estar asociada con un balance tan alto, en tanto que la laguna, durante el mismo evento pluvial, arroja un balance de 4.7 meq. Los balances más altos corresponden a las estaciones 5, Peladero y 4, donde las superficies muy propicias al escurrimiento están asociadas con fuertes contenidos de cloruros.

Sulfatos

Los balances de sulfatos muestran una distribución idéntica, en la que la bajada y las estaciones 3 y 4 arrojan balances más importantes que las estaciones 5m, 6 y 1. Por el contrario, los balances muy elevados de La Laguna y de las dunas revelan la importancia de la presencia de yeso en la superficie, en el balance de sulfatos.

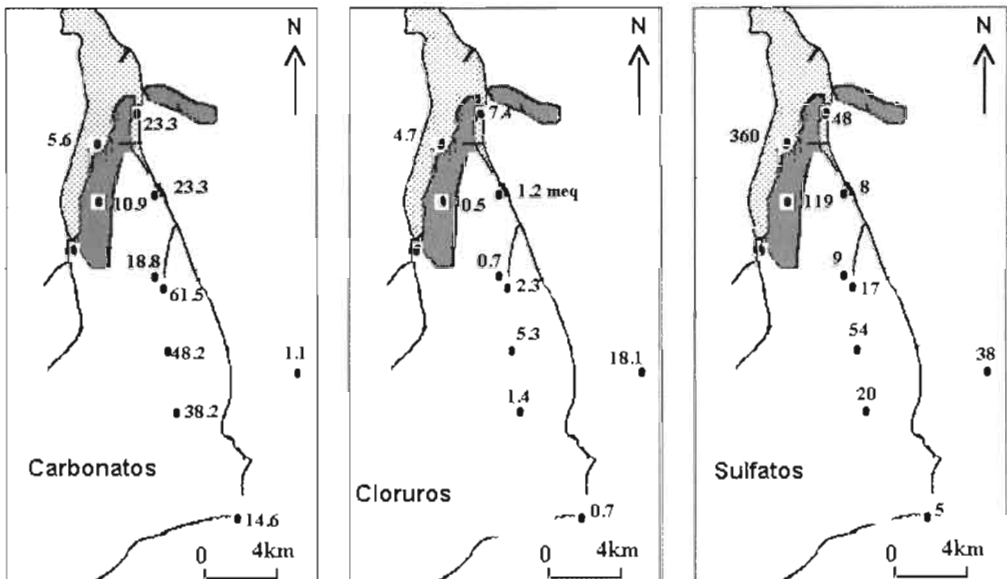


Figura 45. Distribución de los balances de carbonatos, cloruros y sulfatos para la playa de la Reserva de la Biosfera de Mapimí (experimento A).

Evolución cualitativa de los contenidos iónicos en el escurrimiento

Las conductividades eléctricas

La evolución durante la lluvia de la carga mineral disuelta de las aguas de escurrimiento se traduce por la evolución de las conductividades a lo largo de los dos experimentos de lluvia. En la Figura 46 y la Figura 47, estas evoluciones son reportadas en función del tiempo para los dos protocolos que se aplicaron. De manera general, las conductividades disminuyen en el transcurso de la lluvia y tienden a estabilizarse, aun cuando esta estabilización se instala realmente en el segundo protocolo³. En lo referente a la comparación entre los contenidos iniciales y los de ambos protocolos, en las estaciones 1 y 5M que presentan vegetación, las conductividades iniciales del primer protocolo son inferiores a las conductividades iniciales del segundo protocolo, lo que corresponde a la actividad más importante de la vegetación debido al aporte de agua para las plantas en el primer protocolo. Para las estaciones situadas sobre un peladero, con costras de erosión y estructurales, las conductividades iniciales son del mismo orden en ambos protocolos. El lavado no parece influir en los contenidos iónicos; por el contrario, en lo que se refiere a las estaciones más salinas, una gran diferencia de contenidos iniciales entre

ambos protocolos pone en evidencia la disolución de una costra superficial que no se reconstituye entre los dos protocolos.

La evolución general de la carga salina de las aguas de escurrimiento es decreciente. Si bien es cierto que esta disminución es rápida en un primer tiempo, posteriormente se ve muy influenciada por las condiciones hidrodinámicas. Los cambios de intensidad de lluvia se reflejan de manera importante en la conductividad de las aguas.

- Intensidades más fuertes producen “descensos o brincos” en las cargas salinas de las aguas de escurrimiento de las parcelas 1, 3, 5m, 4 y Du. Este efecto no fue posible apreciarlo en las estaciones 6, p3 y 7, debido sobre todo a que el régimen permanente de escurrimiento se observó sólo para el caso de la última intensidad de lluvia. Las estaciones 5P y 11 constituyen contraejemplos, ya que a pesar de presentar fases de escurrimiento muy claras, la conductividad no varía entre los 40 y los 100 mm h⁻¹ de lluvia.
- Una situación paradójica se observa en la estación 4 durante el protocolo A. Las conductividades descienden durante la primera intensidad de lluvia, luego, para las dos siguientes intensidades se comportan de manera “normal”, así como durante el protocolo B. Cabe señalar las fuertes variaciones de intensidad de lluvia que reflejan probablemente una inestabilidad causada por fenómenos erosivos.

³ Recordemos que pudo haber transcurrido más de un mes entre la aplicación de los dos protocolos.

- Las variaciones involuntarias de intensidad de escurrimiento provocadas por la bomba del simulador o por fenómenos caóticos de vaciado de las parcelas,

producen fuertes variaciones de conductividad que se observan fácilmente en las estaciones 7, P3, 6 y 3.

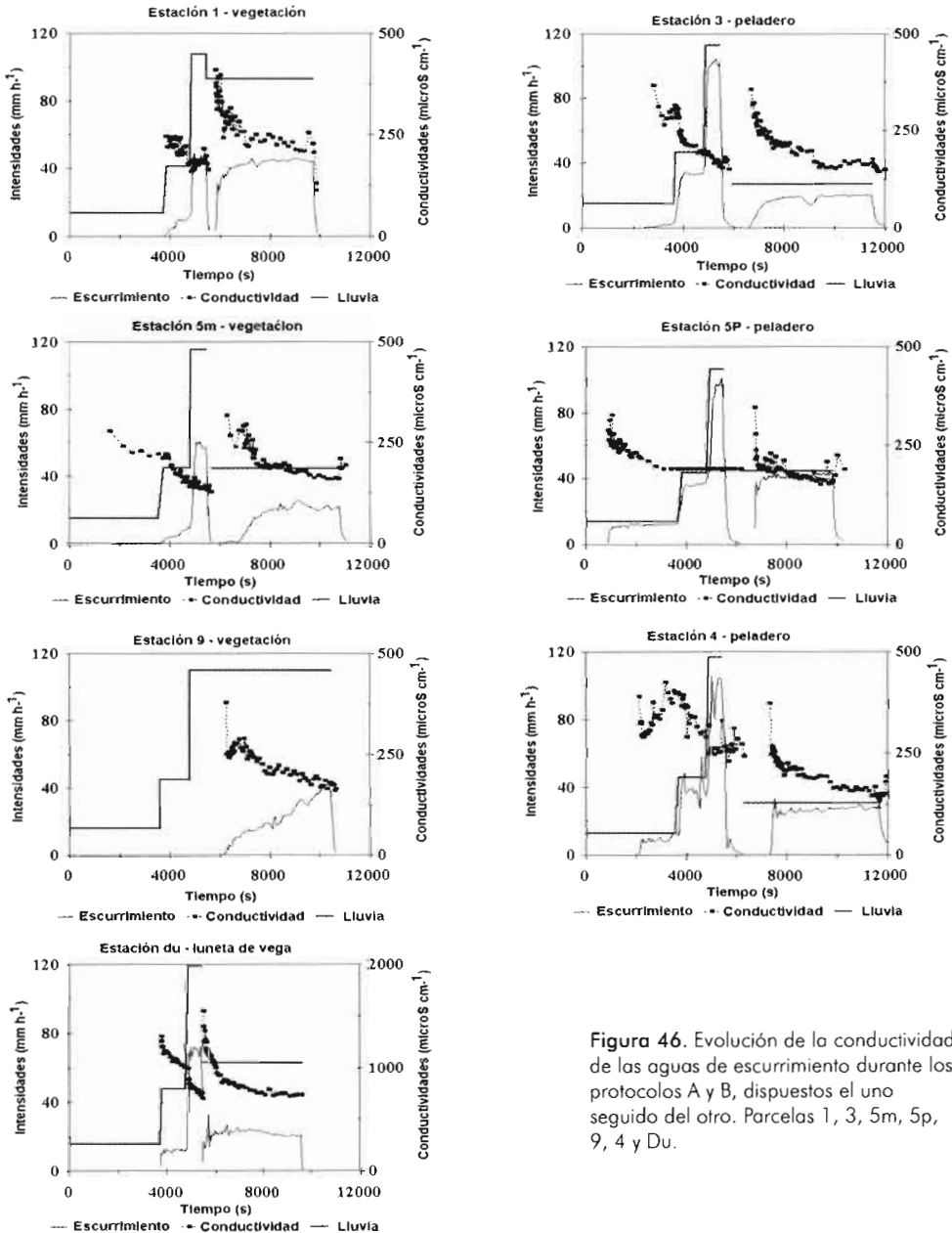


Figura 46. Evolución de la conductividad de las aguas de escurrimiento durante los protocolos A y B, dispuestos el uno seguido del otro. Parcelas 1, 3, 5m, 5p, 9, 4 y Du.

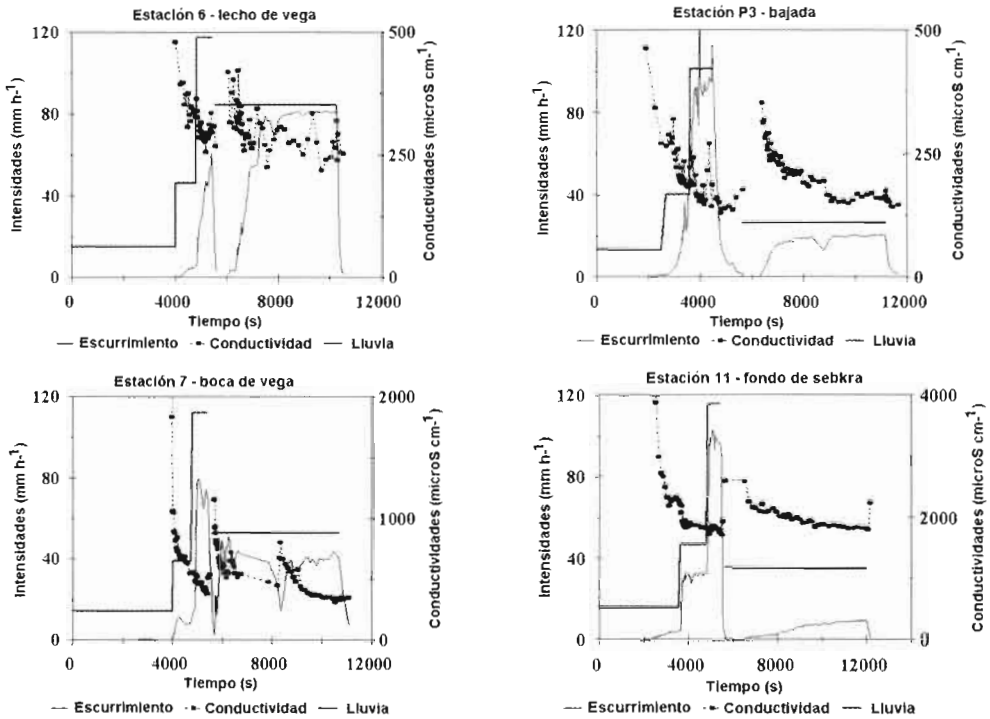


Figura 47. Evolución de la conductividad de las aguas de escurrimiento durante los protocolos A y B, implementados de manera sucesiva. Parcelas 6, P3, 7 y 11.

En conclusión, parece que las cargas salinas obedecen globalmente a leyes de “secado” de la superficie del suelo. Este “secado” interviene en función de la historia de la parcela y de la calidad de los primeros horizontes de superficie. Un régimen permanente de escurrimiento muy largo es necesario para obtener la estabilización de las conductividades de aguas de superficie durante el escurrimiento. Dicha estabilización es alcanzada únicamente en las estaciones 3, 5m, Du y 7; es por lo tanto poco probable en un contexto natural en el cual los eventos de lluvia varían mucho en intensidad a las escalas de tiempo consideradas.

Al fenómeno general de disminución de cargas salinas durante un evento pluvial se añan probablemente los fenómenos más o menos caóticos, que son fácilmente atribuibles a las variaciones de cargas sólidas en el escurrimiento, debido a la discontinuidad en el flujo de aportes o a los procesos parciales de vaciado. Se admite que el minisimulador de lluvia no resulta útil para caracterizar la carga sólida de los escurrimientos, ya que las velocidades alcanzadas por éstos son menos importantes que en condiciones naturales, debido a la escasa distancia del recorrido. Sin embargo, en ciertos casos las mediciones del peso del

filtrado seco de las muestras permite confirmar la relación que existe entre carga sólida y carga disuelta para explicar la inestabilidad de la disminución. Desde el punto de vista del balance, el efecto de secado resulta insuficiente para impedir que las lluvias más fuertes produzcan un flujo superior de productos disueltos. Las condiciones hidrodinámicas predominan claramente en el balance salino.

Los índices de saturación

Los índices de saturación fueron calculados con ayuda de los contenidos iónicos y del programa WateqF. Los pares de valores formados por los índices de saturación, con relación a la halita, al yeso y a la calcita, y de la lámina de agua de escurrimiento, están reportados en la Figura 48.

Índice de saturación con relación a la halita

Los índices de saturación de las estaciones 7 y 11 decrecen muy rápido en función de la lámina de escurrimiento, manteniéndose con valores inferiores a -8 a partir del primer mm de agua de escurrimiento. Apesar de que estas dos estaciones presentan una costra salina de superficie, las aguas distan mucho de la saturación. Aparentemente el lavado es sobre todo vertical, las primeras aguas se infiltran y destruyen la costra. Los IS de las estaciones 6 y P3 son superiores a los de las demás estaciones.

Índice de saturación con relación al yeso

Las estaciones 11 y duna presentan IS cercanos a la saturación, incluso ante fuertes intensidades o ante una disminución significativa de los IS observada para una lámina importante de escurrimiento. La parcela 7 presenta una curva decreciente mucho más acelerada. En las estaciones 11, Du y 7, estos valores pueden ser vinculados con los índices de contenido de yeso estimados para los primeros 20 cm de suelo.

Las parcelas 1, 3, 9, 6 y P3 muestran comportamientos similares con IS, que evolucionan entre -2 y -3. La parcela 5P presenta un comportamiento original alcanzando valores de IS inferiores a -4.

Índice de saturación con relación a la calcita

Con excepción de la parcela de bajada (P3), las aguas de escurrimiento de todas las estaciones se acercan a la saturación de calcita, lo que corresponde perfectamente a la presencia evidente de este mineral en la superficie de los suelos de la playa estudiada. Se distinguen fácilmente dos grupos de estaciones: 11, Du y 7, que revelan una sobresaturación de agua que tan sólo disminuye cuando se registran valores de escurrimiento superiores a 5 mm.

La parcela 9 es una estación que presenta el mismo comportamiento frente a valores más cercanos al equilibrio de saturación. En general, los trazos de las curvas de las parcelas 6, 3, 1, 5m y 5p se confunden con los valores de bajo

decrecimiento, siempre con IS superiores a -1.

En conclusión, aun cuando la mayor parte de la mineralización de las aguas proviene de la disolución de tres minerales casi siempre presentes en los suelos, la

saturación tan sólo se alcanza para la calcita y el yeso. A medida que el escurrimiento se intensifica las aguas se alejan de la saturación, siguiendo una tendencia aparentemente lineal vinculada con el logaritmo del volumen de escurrimiento.

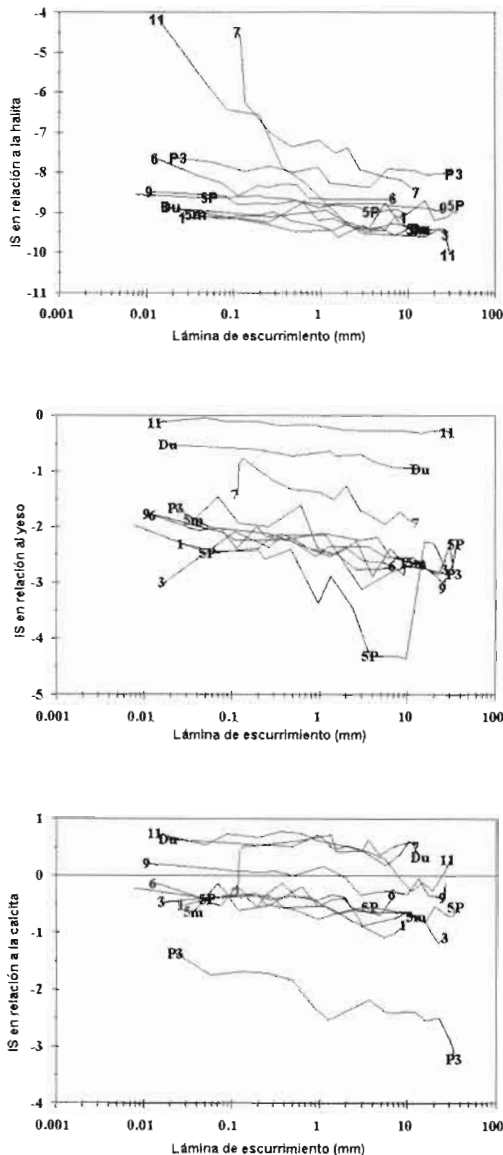


Figura 48. Evolución de los índices de saturación con relación a la halita, al yeso y a la calcita, en función de la lámina de escurrimiento en todas las parcelas para el protocolo A (con excepción de la estación 9, protocolo B).

Conclusiones

El estudio permitió cuantificar el balance superficial, en función de los estados de superficie y de su posición dentro de la toposecuencia. Este artículo no pretendía llevar a cabo la modelización del comportamiento iónico del escurrimiento; los datos confirman una organización del balance superficial siguiendo una toposecuencia en función de los diferentes estados de superficie. Las características hidrodinámicas predominan ampliamente sobre las características químicas de las superficies de las parcelas, imponiendo flujos relativamente elevados de materias disueltas.

A escala anual estos flujos podrían ser del mismo orden que los flujos de redistribución de iones de carbonatos y de sulfatos observados durante las lluvias. Por el contrario, en el caso de los iones cloruros, el flujo anual en las precipitaciones y los depósitos sólidos es mucho más importante que el observado por simulación de lluvia durante un evento (Capítulo 3.1). Paradójicamente, la solubilidad elevada de las sales de cloruros provoca que la mayoría

de las materias disueltas procedentes de la costra salina formen parte de la infiltración que antecede a la fase de escurrimiento. La “movilidad iónica” de superficie no es únicamente producto de las características minerales de las fases cristalinas asociadas con los iones, constituye asimismo un rasgo edafológico que debe agregarse a las características hidrodinámicas del primer horizonte del suelo, en confrontación con los patrones de las lluvias locales.

Paradójicamente, también los iones cloruros son poco móviles lateralmente; su lixiviación natural se produce de manera horizontal, en presencia de un acuífero o de una nueva costra de superficie. Por el contrario, la movilidad de los iones carbonatos y sulfatos se concretiza fácilmente por flujos horizontales, ya que la cinemática de disolución más lenta permite la instalación del régimen permanente de escurrimiento. Estas constataciones son esenciales para comprender los gradientes iónicos que se observan en el Capítulo 4 y la lógica que prevalece en la formación de los acuíferos (Capítulo 3.3).

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