



## Zonificación de áreas afectadas por salinización para el estudio de la peligrosidad geológica en la hoja Mendoza

Regairaz; Maria Cecilia <sup>1</sup> - Gonzalez, Maria Alejandra <sup>2</sup>

### Resumen

*En la presente contribución se analizan los factores condicionantes y desencadenantes de la salinización en el sector de la Hoja Mendoza (32°00' - 33°00' y 67°30' - 69°00') y los principales peligros geológicos asociados a dichas áreas.*

*La zonación regional se realizó con antecedentes previos, análisis de campo y de laboratorio. Los factores considerados para el mapeo fueron: la geomorfología (fundamentalmente el relieve), las características del material originario (ej. la textura) de los suelos, la profundidad de la freática, y los valores de reflectancia en las bandas 1, 4, y 7 de la imagen Landsat TM. Para esta Hoja, las zonas salinizadas se localizan en relieves plano-cóncavos en general (ej. playas pedemontanas), muchas veces afectadas por freática superficial; y presentan originariamente sedimentos minerales (fluviales y/o lacustres) u orgánicos (turberas).*

*Este proceso afecta principalmente los sectores distales de los conos más recientes ("Conos Maipú y Palmira") del río Mendoza (las llamadas "series" Corralitos Norte y Sur, El Sauce, Rodeo y Barcala), las playas del piedemonte de Precordillera ("Planicies del Rosario y del Tulumaya", con las "series" Jocolí y Lavallo) y la planicie lacustre de Guanacache.*

*Esta zonación forma parte del mapeo de procesos geológicos para la carta de peligrosidad geológica de la misma área. Los principales peligros asociados a este proceso, asociados a los suelos de las áreas fuertemente salinizadas del área relevada son: baja capacidad de carga, corrosión y, en áreas afectadas por "reveniración" (término local usado para suelos con gradiente salino creciente hacia superficie por influencia de freática superficial), alta probabilidad de licuefacción por sismos.*

### 1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo se encuadra dentro del Programa de Cartas Temáticas que lleva a cabo la DGAA-SEGEMAR. El presente forma parte de la realización de la Carta de Peligrosidad Geológica de la Hoja Mendoza, en la cual se incluye el mapeo de los procesos geológicos presentes en el

área, para su evaluación. Uno de estos, con gran participación areal lo constituye la salinización. La Hoja Mendoza (32°00' - 33°00' y 67°30' - 69°00') (Figura 1) está ubicada en el noroeste de la provincia homónima y el SE de la provincia de San Juan y abarca el este de la Precordillera y su piedemonte, los conos más recientes del río Mendoza ("Conos Maipú y Palmira") y gran parte de los depósitos eólicos arenosos de la llamada "Llanura de la Travesía".

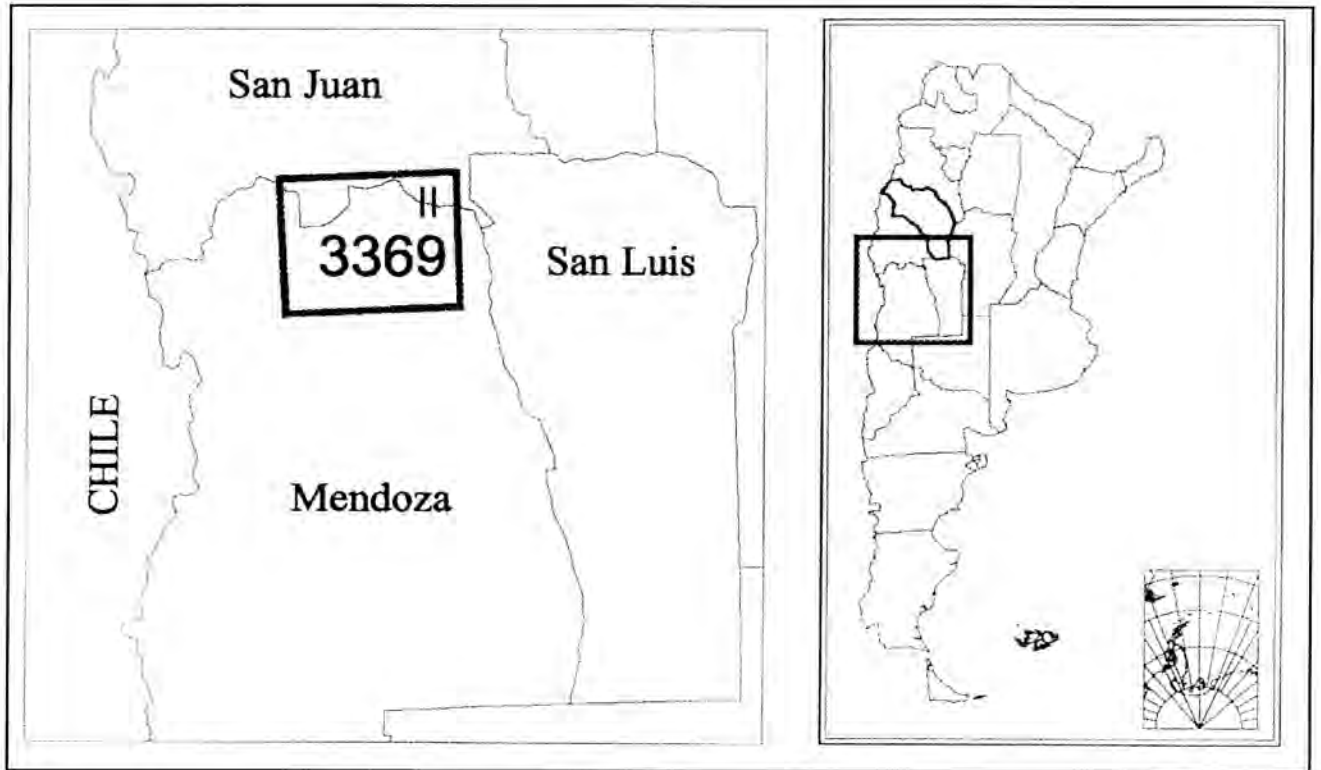
En algunos sectores intermedanosos de dicha llanura, localizados en el N y NE mendocino, la acumulación salina ha sido tan intensa que ha originado diversas sulfateras. La localización (ej.: Yesera Pampitas Blancas, La Batea y otras) puede consultarse en Rodríguez (1966) y en

Entregado: 03 de Setiembre de 2001 • Aceptado: 26 de Setiembre de 2001

1 IANIGLA - CRICYT - Instituto Argentino de Nivología y Glaciología y Ciencias Ambientales - Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Mendoza. Casilla de Correos 330 (5500) Mendoza e-mail: cecirega@lab.cricyt.edu.ar

2 SEGEMAR - DGAA - Dirección de Geología Ambiental y Aplicada. Av. Julio A. Roca 651, piso 8, sector 8, (1322) Ciudad de Buenos Aires e-mail: marigo@secind.mecon.gov.ar

FIGURA 1: MAPA DE UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



Cordini (1948) quienes atribuyen la génesis de las mismas al afloramiento de la freática y/o a la acumulación de aguas de escorrentía en sectores deprimidos del relieve (lacustres?).

En la imagen satelital del área de trabajo los sectores fuertemente salinizados (perfiles 5 y 6, Cuadro 2) que ocupan importantes superficies, presentan color blanco brillante en una combinación RGB en las bandas 1, 4 y 7. Otros sectores de menor salinidad fueron incluidos en el mapa basados en datos analíticos de estudios previos (perfil 1, Cuadro 1) o de muestreos de campaña para la Hoja Mendoza (perfil 4, Cuadro 2).

A partir de estos antecedentes y los datos de campo se realizó el análisis de los factores intervinientes, las correspondientes correlaciones y el mapeo para el estudio de la Peligrosidad Geológica.

## 2. FACTORES

Los factores que intervienen en la salinización del área de esta Carta, son múltiples y, algunos de ellos fueron tratados previamente (Pacheco, 1981, Regairaz, 1989, Ferrer y Regairaz, 1993). Del análisis de los Cuadros 1 y 2 se observa que los principales factores condicionantes para la formación de áreas salinizadas en la Hoja son la *geomorfología* (especialmente el *relieve*), las *granulometrías finas* (francas, franco-arcillosas y arcillosas) y el *clima* (sector NE de Mendoza es el de mayor aridez).

Con relación a la *geomorfología*, la concentración de

soluciones salinas se favorece en determinadas posiciones del paisaje tales como sectores distales de abanicos aluviales (del piedemonte de Precordillera o del sistema de conos del río Mendoza), playas pedemontanas, sectores deprimidos del relieve (lugares receptores de derrames tales como la Ciénega del Tulumaya, planicie lacustre de Guanacache y bajos sin desagüe o "ramblones" de la Llanura de la Travesía) y sectores marginales de los ríos. Por otro lado, sedimentos con *granulometrías finas*, especialmente la presencia de arcillas (perfil 6, de depósitos lacustres de Guanacache), retardan los procesos de lixiviación de sales solubles por su restringida permeabilidad.

En relación al *clima*, gran parte de los sectores más fuertemente salinizados de la Hoja Mendoza (ej.: perfiles 2 y 3, Cuadro 1 y perfil 6, Cuadro 2) se encuentran en el sector NE, área de influencia de la *estación meteorológica Encón* (32° 18' y 67° 50', 535 m s.n.m.). El valor de Evapotranspiración Potencial anual (calculada por fórmula de Blaney-Criddle, el más adecuado para sectores áridos e hiperáridos) de esta estación es el más alto de la provincia, conjuntamente con la estación Retamo (32° 27' y 67° 24', 525 m s.n.m.), también ubicada en el extremo NE de Mendoza y cercanas al límite con la provincia de San Juan. Ambas estaciones revelan un marcado déficit hídrico si se compara la evapotranspiración con la disponibilidad de precipitación anual (ver valor de Encón en Cuadros mencionados).

CUADRO 1: PERFILES DE SUELO CON GRADIENTE DE SALINIDAD DESCENDENTE

geomorfología	ubicación (coordenadas)	Clima	prof. (cm)	textura	salinidad (microS/cm)	clase salina (*)	vegetación natural
pedemonte Precordillera (1)	sector distal abanicos aluviales	Mendoza PMA: 214,2 mm/año TMA: 16,7 °C ETPot.: 1.558,7 mm/año	0 - 5	FA	590	nula	monte xerofítico ↓ ↓ ↓ "jarilla" (Larrea sp.) cactáceas, etc.
			5 - 25	"	800	"	
			25 - 58	"	6.970	moderada	
			58 - +90	A	10.180	FUERTE,	
médanos Llanura de la Travesía (2)	(32° 44' 67° 14')	ENCON PMA: 175,2 mm/año TMA: 17,4 °C ETPot.: 1.684,7 mm/año	0 - 15	AF	3.980	ligera	monte xerofítico + halófitas "vidriera" (Suaeda divaricata) "retortuño" (Prosopis strombulifera)
			15 - 30	"	7.502	moderada	
			30 - 60	"	11.000	FUERTE	
			60 - 90	"	19.000	MUY FUERTE	
depressiones intermedanasas "ramblones" (3)	(32° 24' 67° 44')	Idem	90 - 110	"	21.194	"	idem
			0 - 15	FA	9.991	FUERTE	
			15 - 30	"	8.742	"	
			30 - 60	F	12.489	"	
			60 - 120	"	29.142	MUY FUERTE	

( 1 ) Regairaz, M.C., 1997, ( 2 y 3 ) Gavilola de Heras, 1981

clima: PMA = Precipitación Media Anual, TMA = Temperatura Media Anual, ETPot. = Evapotranspiración Potencial anual (#)  
(#) según fórmula Blaney-Criddle (para zonas áridas)

textura suelo según triángulo textural de Soil Survey Staff, U.S.D.A (United States Department of Agriculture ), 1951 y actualizaciones

F = franco, FA = franco-arenoso, AF = areno-francoso

(\*) clases según Personal del Laboratorio de Salinidad de E.U.A., 1977 y actualizaciones ( microSiemen/cm = micromho/cm )

0 - 2.000 microS/cm : no salino, 2.000 - 4.000: ligera salinidad, 4.000 - 8.000: moderada, 8.000 - 16.000: fuerte, mayor de 16.000: muy fuerte

CUADRO 2: PERFILES DE SUELO CON GRADIENTE DE SALINIDAD ASCENDENTE ("REVENICIÓN")

↓ ↓ ↓  
freática cercana a la superficie

geomorfología	ubicación (coordenadas)	clima (cm)	prof.	textura	salinidad (microS/cm)	clase salina (*)	vegetación natural
cono reciente ? río Mendoza "Cono Maipú" (4)	sector distal "área de surgencia" (32° 56' 68° 41')	<b>Mendoza</b> PMA: 214,2 mm/año TMA: 16,7 °C ETPot.: 1.558,7 mm/año	0 - 15 15 - 33 33 - +65	— restos vegetales (turbera)	3.720 2.960 1.560	ligera " "	— cultivos hortícolas (antrópico)
pedemonte de Precordillera (5)	playa (32° 40' 68° 42')	Idem	0 - 17 17 - 35 + 35	F " "	24.200 19.400 16.400	MUY FUERTE " " FUERTE	— peladal
planicie lacustre de Guanacache (6)	(32° 22' 67° 36')	<b>ENCON</b> PMA: 175,2 mm/año TMA: 17,4 °C ETPot.: 1.684,7 mm/año	0 - 15 15 - 30 30 - 60 60 - 100	Farc. arc. " "	82.283 73.622 63.582 59.272	MUY FUERTE " " " "	— ídem

(4 y 5) muestreo de campaña, solo se analizaron horizontes superficiales (no perfil completo) para evaluar relación con respuesta espectral en imagen satelital;  
(6) *Gatúla de Heras, 1981*.

textura del suelo: F = franco, Farc = franco-arcilloso; arc. = arcilloso

(\*) clases según Personal del Laboratorio de Salinidad de E.U.A., 1977 y actualizaciones

0 - 2.000 microS/cm : no salino, 2.000 - 4.000: ligera salinidad, 4.000 - 8.000: moderada, 8.000 - 16.000: fuerte, mayor de 16.000: muy fuerte

ÁREAS GRISES : valores más altos de salinización de suelos y factores (geomorfología, relieve, clima y/o texturas) relacionados.

En cambio, sectores alrededor de la capital se pueden considerar bajo la influencia de la *estación meteorológica Mendoza* (32° 53' y 68° 51', 826 m s.n.m.). Los valores de la ET potencial (calculada por misma fórmula) disminuyen marcadamente hacia el W mendocino (ver mapa de isolinéas de ETpot. anual en *Berra y Ciancaglini, 1979*). En efecto, por efecto orográfico se reducen temperaturas y aumenta la precipitación lo cual determina una mayor disponibilidad de humedad y una creciente lixiviación de sales hacia el ápice del piedemonte de Precordillera (*Regairaz y Gaviola de Heras, 1993*). En dicho piedemonte los valores de salinidad mas altos solo se localizan en los horizontes mas profundos del sector distal de los abanicos aluviales (perfil 1, citado de *Regairaz, 1997*) o en playas (perfil 5, muestreado durante campaña de realización de la Carta de Peligrosidad - DGAA).

Por otro lado, los principales factores desencadenantes de la salinización en esta Hoja son *freáticas superficiales* (a veces de tipo de "falsas freáticas" generadas por exceso de riego en suelos con horizontes impermeables o con marcadas discontinuidades granulométricas verticales), *reducción del sistema lacustre* de Guanacache por causas antrópicas (uso de aguas de ríos Mendoza y San Juan para riego) y naturales (disminución de nivel de base por erosión de "rosca", *Vitali, 1940*. Esta disminución provocó el secamiento de las lagunas y la posterior salinización de los suelos), *actividad sísmica* (hundimientos de terreno y/o ascenso de freáticas, caso B de crónicas históricas citadas en párrafos siguientes) y *ciertas modificaciones climáticas* (los años Niño, ver caso A)

Dentro del evento ENSO = "El Niño" *Southern Oscillation* se reconocen tres subconjuntos: una fase cálida conocida como El Niño, una fría llamada Niña y años normales o neutros. En los Andes argentino-chilenos la variabilidad interanual de precipitaciones sólidas (nieve) esta determinada en gran medida por el aumento en la temperatura del mar que bordea la costa de Ecuador (fenómeno Niño). Este efecto en la vertiente occidental de los Andes (cuenca del Aconcagua) determina un incremento invernal de precipitaciones líquidas y sólidas y aumento de temperaturas en verano, lo cual influirá en la temporada estival posterior con incremento de caudales de los ríos con grandes crecidas (*Prieto et al, 2.000*).

Sin duda el mayor aporte nival en Cordillera determinará el ascenso de los niveles freáticos y, por ende, tenderá a agravar la revenición. Loos (sin año, citado en *Stappenbeck, 1913, p.36*) observa que en Mendoza el agua subterránea crece desde Marzo para alcanzar el máximo en Julio-Agosto, por lo cual deduce que necesita un término medio de cuatro meses como mínimo para atravesar

sedimentos y recargar los acuíferos. En el Cuadro 3 se observa la estrecha interrelación entre años de revenición y eventos "Niño". Por otro lado, los descensos corticales producidos por sismos se agravarían por revenición en años hidrológicamente ricos.

Ejemplos de crónicas históricas:

Caso A):

" *En la viña del Coronel Taboada, algunos centenares de metros al sud de los Baños de Lunlunta, brotaron al fin de Febrero o en Marzo de 1904, repentinamente manantiales tan poderosos que inundaron toda la viña, sobre un espesor de 30 centímetros* " (*Stappenbeck, 1913, p.28*). Dentro de los períodos de fuerte revenición citados por *Loos, 1926, p.157*), este año correspondió a un evento Niño de fuerte intensidad (Cuadro 3).

Caso B)

"*Después del terremoto (20/dic/1920) el crecimiento del caudal de agua que brotó del suelo en Jocolí, en Corralitos, San Martín y Alto Verde alcanzó proporciones alarmantes. Llegando en el invierno de 1922 a un punto de culminación. Entre Jocolí y El Borbollón hay una faja de terreno en que centenares de hectáreas de cultivos han quedado inundadas por la revenición. En Corralitos la cantidad de agua de vertientes que corre en los desagües es extraordinaria, mientras que en todas partes adonde los cultivos están sujetos a riego con agua de los ríos (Mendoza, Tunuyán, Diamante y Atuel) la queja sobre falta de agua es general*" (*Loos, 1926*) En este caso, se observa que dentro de los períodos de fuerte revenición citados por el autor, la causa principal de la salinización parece ser el cambio en el nivel freático inducido por el "Terremoto de Lavalle", ya que los años 1921 y 1922 corresponden a períodos de escaso aporte nival en Cordillera (Cuadro 3), evidenciado por el escaso caudal de los ríos mendocinos

Con relación a la influencia de las sales en la vegetación se puede observar que cuando los valores de salinidad fuertes se manifiestan por debajo de la profundidad promedio explorada por raíces (perfil 1), en superficie aparece el *monte xerofítico* típico provincial (*Larrea sp.* "jarillas", *Prosopis sp.* "algarrobo", *Condalia microphylla* "piquillín", etc.). Si las sales están mas cerca de la superficie (perfil 2) empiezan a aparecer comunidades *halófitas* ("jume" *Allerrolfea vaginata*, *Prosopis strombulifera* "retortuño", *Suaeda divaricata* "vidriera", etc.) y en lugares fuertemente salinizados (perfiles 5 y 6) se transforman en *peladales*, aunque en algunos de ellos las plantas mueren por asfixia radicular (sedimentos finos y sectores anegables) y no por altos tenores salinos. En el piedemonte de Precordillera las comunidades halófitas llegan hasta los 750 m s.n.m. (*Roig, F. y V., 1969*).

CUADRO 3: RELACIÓN ENTRE REVENICIÓN, EVENTOS NIÑO Y ACTIVIDAD SÍSMICA

períodos con revenición (Loos, 1926)	eventos "El Niño" (Quinn, 1992)		sismos con epicentro mendocino	
	años	magnitud	fechas	magnitud (Richter)
1872 a 1875	1871	moderado	20/marzo/1861 (con licuefacción)	7,0
	—			
	1873 1874	+ moderado + moderado		
1906 a 1907	1904	FUERTE	12/agosto/1903	6,3
	1905	FUERTE		
	— 1907	+ moderado		
1919 a 1922	1918	+ FUERTE	17/diciembre/1920 "Terremoto de Lavalle" (con licuefacción)	6,3
	1919	+ FUERTE		
	1920	+ FUERTE		
	—			
	— 1923	moderado		

### 3. PELIGROSIDAD ASOCIADA A LA SALINIZACIÓN DEL ÁREA

Los principales problemas ocasionados por la salinización de los suelos son:

- *corrosión*: Se consideran "suelos corrosivos" los salinos conjuntamente con los hidromórficos y los que generan ácido sulfúrico (suelos sulfato-ácido).
- *baja capacidad de carga*: esto se pudo comprobar con hundimientos del vehículo usado durante las campañas, por ej.: en Pampa de los Cazadores y Pampa de la Carreta (San Juan). Este problema ocurre en otros sectores fuertemente salinizados de la provincia, ej.: alrededores de la Laguna de Llananelo, departamento Malargüe.
- *daños en cultivos*: se producen disminución de rendimientos, aparición de síntomas toxicidad y/o muerte de plantas (Avellaneda y Nijensohn, 1960; Braun Wilke et al, 1964 y 1969), con los consiguientes daños económicos.
- *daños en construcciones y pérdidas de riego*: En sectores irrigados (ej.: cinturón hortícola del departamento

Guaymallén) se producen procesos de "piping" o erosión en túnel favorecidos por la disolución de sales. Este proceso pseudocárstico ocasiona depresiones y colapso del terreno conocidas como resumideros, sumideros o "tinajeras" (nombre local), los cuales ocasionan problemas en las edificaciones y/o servicios sanitarios y fundamentalmente pérdidas de riego.

En Colonia Segovia, departamento Guaymallén, el Departamento General de Irrigación volcó cuatro camionadas de diez metros cúbicos de ripio, sin poder llenar la dolina. En otras zonas, distrito Barcala, departamento Maipú, se han reportado (Stappenbeck, 1913) hundimientos con un tamaño hasta cuatro metros de diámetro

- *aumento de daños por sismos* (susceptibilidad a licuefacción) Esto solo ocurrirá en los casos de suelos con "revenición" que deben su mayor concentración salina superficial a la influencia de freáticas superficiales (verdaderas o falsas = colgadas), muchas veces inducidas por exceso de riego en los oasis.

La licuefacción, generalmente evidenciada por la formación de "cráteres de arena y/o barro", ha sido particularmente notoria en los siguientes sismos:

- 20 de marzo de 1861, afecta distrito Bermejo, departamento Guaymallén y las ciénagas (probablemente distritos Rodeo de la Cruz y Rodeo del Medio, de los departamentos Guaymallén y Maipú respectivamente). En Mendoza estos toponímicos parecen haberse originado por los desvíos que debían dar personas y/o ganado para rodear las grandes ciénagas existentes (Romanella, 1957, p.28).
- 17 de diciembre de 1920, conocido como "Terremoto de Lavalle" donde los "cráteres" se reportan al NW del distrito Costa de Araujo, departamento Lavalle (Loos, 1926, p.140 y 141)
- 23 de noviembre de 1977, conocido como "Terremoto de Caucete: afecta distrito El Pastal, departamento Las Heras ".(INPRES, 1977)

Los distritos de Costa de Araujo y El Pastal corresponden a zonas de freáticas superficiales (isobata mínima absoluta (plano de mayor peligrosidad freática)): 0-1 metro, según Departamento General de Irrigación, 1988) y por tanto, a sectores fuertemente salinizados por "revenición" (término local usado para designar gradientes de salinidad crecientes hacia la superficie del suelo).

#### 4. ZONACIÓN

Las áreas más afectadas por este proceso (Figura 2) son:

- el sector distal de conos más recientes del río Mendoza conocidos como "Conos Maipú y Palmira" (Regairaz y Barrera, 1975) o "área de surgencia" (Ortiz Maldonado et al, 2.000). Comprendería las llamadas "series" de suelo (Romanella, 1957) El Sauce, Corralitos Sur (perfil 4, cuadro 2) y Norte, Rodeo y Barcala. Este sector no aparece en el relevamiento regional (Pacheco, 1981) de áreas salinas porque se excluyeron los oasis de riego.
- las playas pedemontanas de Precordillera (ej.: Serranías de Las Peñas, La Higuera, Jocolí y Punta Negra) conocidas fundamentalmente como "Planicies del Rosario y del Tulumaya" o "área final de descarga". Estos sectores corresponden a las "series" Jocolí (perfil 5) y Lavalle. Todas las designaciones son de los autores citados previamente.
- el sector lacustre del N y NE mendocinos.(perfil 6)
- algunos sectores de depósitos eólicos arenosos de la "Llanura de la Travesía", ej.: la "serie Tres Porteñas".

En muchas de las áreas mencionadas previamente es decisiva la influencia del agua subterránea. En el "área de

surgencia" los freáticos del Departamento General de Irrigación registran isobatas mínimas absolutas predominantes de 0,5 a 1 metro (Ortiz Maldonado et al, 2.000). En el sector NE, perteneciente fundamentalmente a la planicie lacustre de Guanacache, los estudios hidrogeológicos (Rodríguez, 1966) revelan profundidades de la freática de alrededor de 4 metros y, en algunos casos, afloramiento de agua (surgencia).

Los mayores valores de salinidad se localizan en los horizontes superficiales de las planicies lacustres del N y NE mendocino (perfil 6), en correspondencia de los sedimentos más finos y el clima con mayor déficit hídrico. En esta zona se localizan varias yeseras (Cordini, 1948).

#### 5. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta lo desarrollado, se observa una estrecha relación entre salinidad y geomorfología. En resumen, en la Hoja Mendoza es importante tener presentes dos tipos de áreas salinizadas:

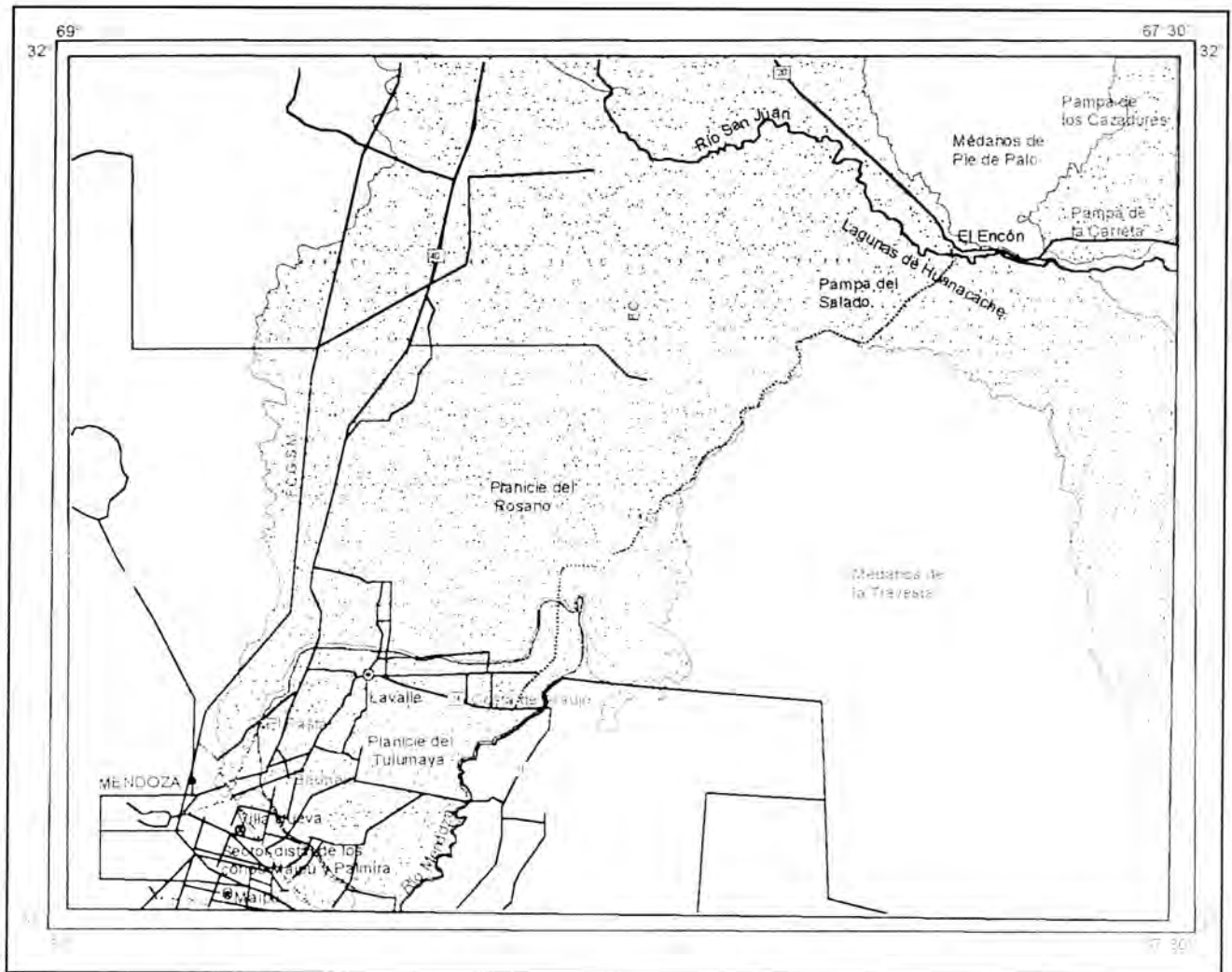
- 1) Áreas *permanentes*: determinadas por posición topográfica, ej.: área distal pedemontana, área distal de conos del río Mendoza, playas como la "Planicie del Rosario", etc.
- 2) Áreas *variables*: relacionadas a hundimientos relativos por sismos. y/o años de eventos Niño (mayor aporte hidrológico por incremento de nevadas en zona cordillerana)

Los aspectos más importantes de la salinización, desde el punto de vista de los daños económicos sobre la actividad humana del área en estudio son.

- de tipo *agronómico*: disminución de rendimientos y/o intoxicación de viñedos y forestales y consiguientes pérdidas económicas, aumento de costos de producción por necesidad de lavados
- de tipo *ingenieril*: Uno de los aspectos más importantes es la destrucción de construcciones por licuefacción en terrenos revenidos. Con respecto a este último punto se recomienda un mapeo más detallado (delimitación de áreas con salinización descendente y ascendente) y la implementación (municipal y/o provincial) de medidas de gestión adecuadas, por ej.: recomendaciones de uso relacionadas a suelos de alta peligrosidad sísmica.

Por otro lado, la magnitud de los procesos de "píping" en áreas sometidas a creciente urbanización podría tener grave incidencia en procesos de contaminación del suelo y/o freáticas. Por lo tanto, también demandaría adecuadas medidas de gestión similares a las de países afectados por procesos cársticos.

FIGURA 2: ZONACIÓN DE ÁREAS SALINIZADAS EN LA HOJA MENDOZA (ESCALA 1:1.000.000)



## 6. TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- AVELLANEDA, M. O. Y NIJENSOHN, L., 1960,  
Intoxicación salina en álamo y sauce álamo,  
*Experimenta. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza*, 11 p.
- BRAUN WILKE, R. H., PIZARRO, O. C., PACHECO, M. H. Y GILOBERT, V. M., 1964,  
Intoxicación salina de vides en Costa de Araujo, Mendoza,  
*Revista de Investigaciones Agropecuarias (R.I.A.), Serie 3: Clima y suelo, INTA, I (5), 101-132.*
- BRAUN WILKE, R. H., PIZARRO, O. C., PACHECO, M. H. Y GILOBERT, V. M. Y CINTA, W., 1969,  
Evolución estacional de la concentración de algunos iones en hojas de vid,  
*R.I.A., Serie 2: Biología y Producción, INTA, VI (5), 77-101.*
- BERRA, A. B. Y CIANCAGLINI, N. C., 1979,  
Mapas de evapotranspiración potencial de la provincia de Mendoza,  
*Cuaderno Técnico del IADIZA 1-79, 1-27.*
- CORDINI, I.R., 1948,  
Contribución al conocimiento de los cuerpos salinos de la Argentina: I, Las sulfateras del departamento General Lavalle ( Mendoza),  
*Rev. Asoc Geol. Arg. (R.A.G.A.), I (3), 11-199*



- DEPARTAMENTO GENERAL DE IRRIGACIÓN, 1988,  
Instalación de redes freáticas en las áreas irrigadas de la provincia de Mendoza,  
*Publicación Técnica N° 11.*
- FERRER, J.A. Y REGAIRAZ, M.C., 1993,  
Suelos de Mendoza: factores y procesos de formación, Relatorio del Geología y Recursos Naturales,  
*XII Congreso Argentino y II Congreso De Exploración de Hidrocarburos, Mendoza, V (3), 633-642.*
- GAVIOLA DE HERAS, S., 1981,  
Caracterización edafológica del área NE del departamento de Lavalle,  
*Informe Beca Iniciación CONICET, 42 p.*
- INPRES (INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCIÓN SÍSMICA), 1977,  
El terremoto de San Juan del 23 de noviembre de 1977,  
*Informe preliminar, 102 p.*
- Loos, P. A.,  
Untersuchungen über die Erbeden der Stadt Mendoza,  
*Gerlands Beiträge Zur Geophysik, Bd. IX, 174 p.*
- Loos, P. A., 1907,  
Estudios de Sismología: Los movimientos sísmicos en Mendoza,  
*Anales del Ministerio de Agricultura, Mineralogía y Minería, III (1), 38 p.*
- Loos, P. A., 1926,  
Los terremotos del 17 de diciembre de 1920, en Costa de Araujo, Lavalle, La Central, Tres Porteñas, etc.  
*Contribuciones Geofísicas del Observatorio Astronómico de la Universidad de La Plata, I (2), 129-158.*
- ORTIZ MALDONADO, G., GOMEZ, H. W., FONTAGNOL, D. Y BRANDI, F., 2000,  
Oasis del río Mendoza: niveles freáticos serie 1983-1997,  
*departamento Lavalle, Congreso del Agua.*
- PACHECO, M.H., 1981,  
Carta ecológica de la provincia de Mendoza (estudio edáfico),  
*Publicación de la Dirección Agropecuaria, Serie Técnica N° 3, 75 p.*
- PERSONAL DEL LABORATORIO DE SALINIDAD DE E.U.A., 1977,  
Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos,  
*Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, Editorial Limusa, México, 172 p.*
- PRIETO, M., HERRERA, R. G., CASTRILLEJO, T. Y DUSSEL, P. I., 2000,  
Variaciones climáticas recientes y disponibilidad hídrica en los Andes centrales argentino-chilenos (1885-1996):  
*El uso de datos periodísticos para la reconstrucción del clima, Meteorológica 25 (1 y 2), 27-43.*
- QUINN, W. H., 1992,  
A study of Southern Oscillation-related climatic activity for A.D. 622-1900 incorporating Nile River flood data, en "El Niño:  
*Historical and paleoclimatic aspects of the Southern Oscillation". Diaz, H. F. and Markgraf, V. (Editores), Cambridge University Press, 119-149.*
- REGAIRAZ, A.C. Y BARRERA, R.O., 1975,  
Formaciones del Cuaternario: unidades geomorfológicas y su relación con el escurrimiento de las aguas en el piedemonte de la Precordillera,  
*An. Acad. Brasil. Cienc., 47 (Suplemento), 5-20.*
- REGAIRAZ, M.C. Y GAVIOLA DE HERAS, S., 1993,  
Suelos del piedemonte de la Precordillera de Mendoza,  
*Actas del XIV Congreso Argentino de la A.A.C.S. (Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo), p.405.*
- REGAIRAZ, M.C., 1989,  
Suelos salinos de Mendoza: factores,  
*informe inédito Cátedra Suelos salinos, sódicos e hidromórficos de la U.N.S. (Universidad Nacional del Sur), Bahía Blanca.*

- REGAIRAZ, M.C., 1997,  
Evaluación de suelos: Cuencas precordilleranas (El Peral y El Manzano) y terrazas del río Mendoza,  
*informe inédito (para II Zona del Departamento General de Irrigación de Mendoza), 35 p.*
- RODRIGUEZ, E. J., 1966,  
Estudio hidrogeológico del sector nordeste de la provincia de Mendoza,  
*Rev. Asoc. Geol. Arg. (R.A.G.A.) XXI (1), 39-60*
- ROIG, F.A. y ROIG, V. G., 1969,  
Guía botánica y zoológica del viaje desde Mendoza hasta Uspallata por los Paramillos,  
*X Jornadas Argentinas de Botánica, Mendoza, 61 p.*
- ROMANELLA, C.A., 1957,  
Los suelos de la región del río Mendoza (ensayo de establecimiento de series),  
*Boletín de Estudios Geográficos, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, IV (14), 1-57.*
- SOIL SURVEY STAFF, 1951,  
Soil Survey Manual, U.S.  
*Department of Agriculture Handbook N° 18, 503 p.*
- STAPPENBECK, R., 1913,  
El agua subterránea al pie de la Cordillera mendocina y sanjuanina,  
*Anales del Ministerio de Agricultura, Sección Geología, Mineralogía y Minería, Buenos Aires, VIII (5), 70 p.*
- VITALI, G., 1940,  
Hidrología mendocina: contribución a su conocimiento,  
*245 p.*