

# Consecuencias ambientales de la variabilidad climática y la acción antropogénica en Pozo del Molle. Córdoba, Argentina

Lilyán del Valle Mansilla

Facultad de Cs. Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Av. V. Sarsfield 1610 Córdoba Argentina. Cátedra de Geomorfología. Cátedra de Ambiente Físico.

[lmansilla@efn.uncor.edu](mailto:lmansilla@efn.uncor.edu); [mansilla.li@gmail.com](mailto:mansilla.li@gmail.com)

**Resumen.** El trabajo se realizó en la Pampa Loésica Plana, en la localidad de Pozo del Molle y alrededores, Córdoba, Argentina. El paisaje de apariencia general plana y uniforme, analizado en detalle presenta unidades geomorfológicas diferenciadas y delimitadas, que resultan de utilidad ambiental. Se observan lomas medias planas enmarcadas por depresiones alargadas de orientación SW-NE y NW-SE, en cuyas intersecciones se forman bajos inundables temporalmente y/o lagunas. Los resultados obtenidos surgen del estudio en detalle de la geomorfología, dinámica del paisaje, variabilidad climática, en especial de las precipitaciones y la erosividad (1951-2014). Todo ello genera consecuencias directas en la problemática ambiental, social y económica del sector; afecta la productividad agrícola, producción láctea y salud de pobladores. En períodos lluviosos, el escurrimiento presenta una dinámica particular, circula por cañadas alargadas y por algunos caminos secundarios. El objetivo general es producir información de base que contribuya al manejo sostenible del ecosistema. Para ello se analizaron: unidades geomorfológicas; dinámica del paisaje; comportamiento diferencial del escurrimiento superficial; curvas de nivel; tipos de suelo, capacidad de uso y vegetación natural y/o antropogénica. Se organizaron los resultados obtenidos en una matriz integral, a partir de ella, se confeccionó un mapa temático de Unidades Ambientales de Alterabilidad.

**Palabras claves:** ambiente, variabilidad climática, precipitaciones, acción antropogénica, escurrimiento.

## 1 Introducción

La presente investigación analiza la incidencia ambiental-social y económica de la variabilidad climática, en especial de las precipitaciones, y de la acción antropogénica, en un paisaje llano de geomorfología particular, denominado palimpsesto (Pasotti, 1979). Se realizó entre las coordenadas 32°00'-32°03' de Latitud S y 63°00'-62°45' Long. O; en las proximidades de la localidad de Pozo del Molle, Córdoba, Argentina. Se accede por la Ruta Nacional 158 (Figura 1). Con objetivo de producir información de base para contribuir al manejo sostenible y aportar a la aplicabilidad económica de un área importante en la provincia; se realizaron análisis de la variabilidad climática, cálculo del factor de erosividad, estudio de la dinámica del escurrimiento en épocas húmedas y

determinación de unidades edáficas. Se caracterizaron áreas con unidades ambientales de alterabilidad del paisaje y presentar gráficamente los resultados. El estudio se desarrolla en 147,7 km<sup>2</sup>, pero la problemática se extiende al resto de la Pampa Loésica Plana, involucra gran parte de la provincia de Córdoba y de Santa Fe. Las variaciones geomorfológico-ambientales se asocian a un paisaje de depresiones alargadas y bajos inundables temporalmente.

## 2 Metodología y resultados

La elaboración del mapa, se efectuó mediante la conversión de cartografía básica de formato analógico a digital, (600 píxeles/pulgada), georreferenciadas (Garmin, e-Trex Legend HCx). Se analizaron las fotografías aéreas (Topcon MSS), escala aproximada 1:20.000, digitalizadas y georreferenciadas. Se utilizó como material de base: la Carta Topográfica 3363-4-I Pozo del Molle (IGM), la Carta de Suelos 3363-4-I (Jarsún, *et al.*, 1987) y Los Suelos Nivel de Reconocimiento 1:500.000 (Gorgas, *et al.*, 2006). Se trabajó en capas mediante la utilización de software CorelDRAW X5 y AutoCad 2009.

Respecto del clima, las precipitaciones son el elemento de mayor importancia, debido a su incidencia en la evolución de cultivos y productividad láctea. Se realizó el análisis de las precipitaciones desde el año 1951 a la actualidad; los datos utilizados son de gran confiabilidad, los registros analizados no presentan lagunas de datos faltantes, se obtuvieron por gentileza de los Srs. Genero, A. y Supertino, N<sup>o</sup>. Se analizó la variabilidad decenal de las precipitaciones anuales y mensuales, y se calculó el índice de erosividad por precipitación pluvial, factor "R" de la Ecuación de Pérdida Universal de Suelo, a partir de la metodología de Arnoldus, (adaptación de la de Wischmeier) empleada por Sayago y Fernández (1987).

Las unidades geomorfológicas se interpretaron en gabinete a partir de fotografías aéreas. Con finalidad de sistematizar y simplificar tareas, se sectorizó la zona en tres áreas rectangulares de 49,22km<sup>2</sup>. En las geomorfologías diferenciadas se seleccionaron puntos de muestreo para el estudio del suelo, allí, se realizaron barrenados y calicatas en los suelos más representativos de cada unidad geomorfológica identificada. Los suelos se describieron

según Normas de Reconocimiento de Suelos del INTA, Etchevehere (1976) y se clasificaron según Soil Taxonomy (USDA, 1999). Con la finalidad de contribuir al conocimiento general del ambiente, a partir de factores de interés involucrados en la degradación del paisaje, se ordenó sistemáticamente la información obtenida y se elaboró una matriz integral. Mediante transposición de los datos de la matriz elaborada, se delimitaron unidades ambientales de alterabilidad del paisaje, en períodos húmedos; éstas constituyen el devenir histórico de las formas de utilización y aprovechamiento del recurso suelo (Gómez Orea y Gómez Villarino, 2007).

### 3 Discusión y comentarios

El estudio del clima es fundamental en el presente trabajo, considerando al suelo como resultado de las modificaciones de las capas superficiales, y que su génesis y evolución se vincula a cinco factores formadores principales, entre los que él se encuentra. El clima del sector es templado con dominio semi-seco y tendencia al semi-húmedo de las planicies, con déficit hídrico (100-200mm) sin invierno térmico de la llanura, tipo Ceres (Vázquez, 1979). La importancia de las precipitaciones radica, en que a partir de la saturación del suelo, el agua excedente genera el escurrimiento, éste sigue el patrón geomorfológico del área provocando su deterioro, principalmente en cañadas y bajíos inundables. De las lluvias depende la evolución de los cultivos y el rendimiento de los mismos se relaciona con la humedad del suelo y el balance hídrico. Son esenciales debido a que constituyen el único suministro de agua en el sector. Las sequías agrícolas son un fenómeno témporo-estacional, sus efectos negativos generan condiciones favorables al deterioro ambiental, como producción de incendios rurales, degradación del suelo, deterioro en la salud de la población (alergias), y reducción de la productividad; se afectan las condiciones ambientales y económico-sociales. En períodos húmedos, como en los últimos años, en meses lluviosos, el agua escurre por las cañadas y por algunos caminos secundarios, erosiona el *solum*, anega cultivos, imposibilita el acceso a establecimientos rurales, impide retirar la producción láctea, sembrar, cosechar, provocando cuantiosas pérdidas económicas, daño ambiental y de salud en la población (asma). Cuando se produce el ascenso del nivel freático, se esparce la contaminación y surgen inconvenientes (gastroenteritis). En esta investigación se consideran las precipitaciones, las épocas del año en que ellas ocurren normalmente y la erosividad que provocan. La estadística (1951-2014) revela que existe una marcada concentración de las precipitaciones en el período cálido del año, el 79,05% del total anual se registra desde octubre a marzo. Las precipitaciones medias anuales decenales evidencia variabilidad y comportamiento sinusoidal; en las precipitaciones medias mensuales el comportamiento decenal es errático en los meses lluviosos. Al igual que en el resto de la llanura, la influencia de los vientos se produce con motivo de que el paisaje de planicies

levemente onduladas, no presenta limitaciones al dominio de los desplazamientos de las masas de aire. De acuerdo a la clasificación morfoclimática de Chorley, *et al.*, (1984), el sector pertenece a la región morfoclimática semiárida, considerando los procesos estacionales de Beckinsal y Chorley (1991).

Para interpretar el paisaje y su dinámica, se consideró la distribución e intensidad de las precipitaciones, elementos significativos para que se origine la degradación del suelo, la evolución de los cultivos y el desarrollo sostenible del área. Se investigaron los procesos que provocan potenciales pérdidas de suelo, a partir del factor de erosividad por precipitación pluvial "R" de la Ecuación de Pérdida Universal de Suelo, subordinado a la intensidad y a la energía cinética como elementos desencadenantes del proceso erosivo. Los resultados obtenidos son comparables a valores de R= 376 (1967-1987) obtenidos por Mansilla y Granero, (1994). En la presente investigación se arribó a resultados del tratamiento estadístico en intervalos decenales de "R" cuyos valores oscilan de 362 a 445. En las cuatro primeras décadas los valores decenales coinciden con aumentos y disminuciones decenales de precipitación anual. En las dos últimas décadas, los resultados no armonizan, esto es consecuencia del comportamiento anómalo en las precipitaciones. En la década 1991-2000 el promedio de las precipitaciones anuales decenales asciende a 876mm, y "R" resulta 408, lo que evidencia la menor variabilidad en la distribución mensual decenal de las precipitaciones. En la década 2001-2010, las precipitaciones anuales decenales fueron de 770,6mm y el factor "R" asciende a 445; este contraste con el resultado decenal de las lluvias, responde al errático comportamiento de las precipitaciones mensuales de la década. Por ejemplo, el valor promedio de la precipitación decenal en las últimas seis décadas en el mes de marzo es de 120mm y en la última década asciende a 183,8mm. Los valores de variabilidad decenal de "R" obtenidos, oscilan de moderados (350-400) a elevados (400-450). De los valores calculados en los últimos años, se destaca 2012, precipitación anual 909mm y "R" 457, superior a todos los "R" decenales obtenidos en el área.

La clasificación geomorfológica es: Provincia Geomorfológica: Llanura Chaco-Pampeana, Región Geomorfológica: de las Planicies Orientales, Asociación Geomorfológica: Planicies Orientales de clima templado con dominio semi-seco y tendencia al semi-húmedo de las planicies y Unidad Geomorfológica: Pampa Loésica plana, denominada Ambiente Geomorfológico Pampa loésica plana por Gorgas *et al.*, (2006) En la región, los rasgos estructurales dominantes del basamento se manifiestan a través del potente espesor de sedimentos. Las principales fracturas del basamento originan planos elevados y deprimidos que afectan al escurrimiento tanto superficial como subterráneo. Las dislocaciones se orientan en dos direcciones predominantes SW-NE y NW-SE, obedecen a manifestaciones regmáticas del basamento y son las principales responsables de la dinámica del paisaje.

El sector presenta un relieve plano con pendientes general hacia el Este de 0,32% como máximo, la altitud oscila entre 135-165msnm. Las pequeñas diferencias geomorfológicas, generan la variación edáfica. A escala de detalle el paisaje del área presenta: lomas medias planas, cañadas alargadas y bajíos inundables temporalmente. Las cañadas alargadas, rodean a las lomas medias planas, y se orientan en dirección de los lineamientos estructurales, ellos funcionan como vías de escurrimiento y en sus intersecciones se forman bajíos inundables, que en ocasiones evolucionan a lagunas. En las lomas medias planas el suelo está representado por Haplustoles, limitado por depresiones alargadas donde predominan Argiudoles - en muy bajas proporciones Natralboles- y en los bajíos Duracuoles con duripanes silicificados bien definidos, (Mansilla, 1987). En el sector, el proceso dominante en la degradación del suelo es la erosión hídrica, intensificada por la variabilidad climática y/o por la acción antropogénica. El suelo es un recurso vital en el sector, y el concepto de su degradación es importante. La erosión comienza cuando se supera la resistencia del suelo al arranque de partículas, el agua fluye a una distancia considerable hasta el desarrollo del surco. Se produce en materiales clásticos, a partir de la movilización de partículas sólidas transportadas en suspensión y se genera principalmente en las cañadas. La erosión es favorecida por el material loessoide del sustrato; habitualmente opera en cadena, y provoca como resultado la disminución y en ocasiones el agotamiento de la materia orgánica. Ello contribuye a debilitar la estructura del suelo, favorece la compactación de la capa cultivable y como consecuencia se produce la degradación del suelo, afectando negativamente la sostenibilidad ambiental. La geomorfología se observa nítida en la fotointerpretación; los efectos de la tectónica no han sido totalmente obliterados por la pila sedimentaria. La dinámica del escurrimiento superficial se efectúa hacia los bajíos inundables y lagunas, generados en la intersección de las cañadas. El agua estancada forma charcas, provoca la compactación del loess, debilita la estructura del suelo, se forman arcillas, y disminuye el volumen en el sector. Este proceso es suficiente para profundizar las depresiones, cuya dinámica contribuye a la erosión del suelo y a la consecuente degradación del paisaje. La dinámica del escurrimiento superficial presenta comportamiento diferencial según la modalidad de las precipitaciones. Cuando las lluvias son escasas, el agua circula muy lentamente produciendo anegamientos de duración variable en los bajíos (Mansilla, 2013). En ocasiones de precipitaciones copiosas, el escurrimiento superficial trasciende los bajíos inundables y se realiza a través de las cañadas, condicionado por los lineamientos estructurales (NW-SE y SW-NE), a ellos, se le suma un escurrimiento de patrón antropogénico, debido a que algunos caminos secundarios se comportan como si fueran arroyos. El conocimiento de la dinámica del paisaje, permitió ordenar sistemáticamente áreas de alterabilidad de este sector, perteneciente a la región ambiental de la pampa agro-urbana, donde la explotación agropecuaria ha uniformado

el área. El paisaje se desarrolla en un amplio ecotono donde el bosque se interdigita en la pampa formando islotes aislados. Con la finalidad de caracterizar la degradación ambiental, se elaboró una matriz integral, donde se organizaron parámetros en base a factores de interés, indicadores e información necesaria. En su confección se consideraron: unidades geomorfológicas; dinámica del paisaje; comportamiento diferencial del escurrimiento superficial en épocas húmedas; curvas de nivel; tipos de suelo, su capacidad de uso y vegetación natural y/o antropogénica. Mediante la sistematización de los resultados obtenidos, se elaboró un mapa (Figura 2) donde se delimitan y diferencian unidades ambientales de elevada, media y baja alterabilidad del paisaje, en épocas de precipitaciones abundantes. Otorga información básica respecto de sectores susceptibles de alterabilidad del paisaje como consecuencia de los efectos de la variabilidad climática y de la acción antropogénica.

## Referencias

- Beckinsale, R. y Chorley, R. 1991. *The History of the Study of Landforms on the Development of Geomorphology*. Routledge. London. Vol. 3. 496 p.
- Chorley, R., Shumm, S., Sudgen, D. 1984. *Geomorphology. Earth Sciences and the Past*. Methuen. London. 605 p.
- Etcheverhere, P., 1976. *Normas de Reconocimiento de Suelos*. 2da. Ed. Actualizada. INTA-CIRN, Suelos Publicación N° 152. Castelar, Buenos Aires.
- Gómez Orea, D. y Gómez Villarino, M. 2007. *Consultoría e Ingeniería Ambiental*. Ed. Mundi-Prensa. 696 p. Madrid.
- Gorgas J., Tassile, J. Jarsun, B., Zamora, E. Bosnero, H., Lovera, E. y A. Ravelo, 2006. *Los Suelos. Nivel de Reconocimiento 1:500.000*. Provincia de Córdoba. 541 p. Córdoba.
- Jarsún Astun, B.; Zamora, E.; Sereda, M.; Kamerman, J.; Díaz, R.; Bosnero, H.; Oropeza, J.; Aybar, O. 1987. *Carta de suelos de la República Argentina. Hoja 3363-4 Pozo del Molle. Plan Mapa de Suelos*. Córdoba. INTA Ed. Fundación Banco Provincia de Córdoba. 107 p. Córdoba.
- Mansilla L. 1987. *Estudio Pedogenético - Mineralógico de la zona Pozo del Molle*. Departamento. Río Segundo, San Justo. Provincia de Córdoba, Argentina. Trabajo Final. Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Departamento de Geología. 69 p.
- Mansilla, L. 2010. *Caracterización y cuantificación del Paisaje en Unidades Económico-Ambientales de utilidad para realizar desgravaciones*. Pozo del Molle, Córdoba. Argentina. XV Congreso Peruano de Geología. Cusco. Perú.
- Mansilla, L. 2012. *Caracterización macro y microgeomorfológica del sistema de cañadas y bajíos inundables, en un área de la llanura de Córdoba, Argentina. Su aplicabilidad en planificación y ordenamiento territorial*. Tesis de Master en Ingeniería Ambiental. Universidad Tecnológica Nacional. Córdoba: 242 p.
- Mansilla, L. 2013. *Estudio ambiental de utilidad en la evaluación impositiva*. Pozo del Molle, Provincia de Córdoba, Argentina. IX

Convención Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo. VI Congreso Gestión Ambiental. La Habana, Cuba.

Mansilla, L. y C. Granero. 1994. Determinación de Áreas de Isoerosividad por Precipitación Pluvial en la Provincia de Córdoba, Argentina. 7º Congreso Geológico Chileno. T I. 643-648. Concepción. Chile.

Pasotti, P. 1979. Interpretación de algunos rasgos morfológicos en el oriente de la Llanura Pampeana de la provincia de Santa Fe. Boletín Filial Rosario, Sociedad Argentina de Estudios Geográficos. GAEA 10, Rosario. Argentina.

Sayago, J. y R. Fernández. 1987. Mapa de isoerosividad de la provincia de Tucumán. X Congreso Geológico Argentino. T III. S. M. de Tucumán. Argentina.

United States Department of Agriculture, 1999. Soil Taxonomy. Classification for Making and Interpreting Soil Survey, Basic System of Soil. Second Edition. Washington D.C. USA. Traducción Argüello, G. 2002. Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.

Vázquez, J., et al. 1979. Geografía Física de la Provincia de Córdoba. Ed. Boldt. 464 p. Córdoba.

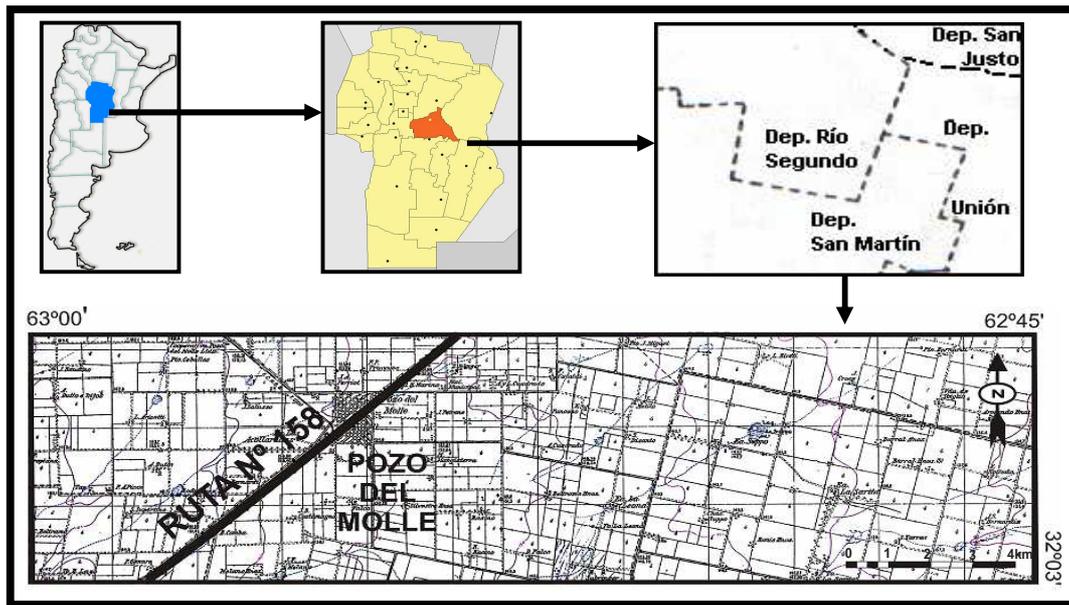


Figura 1. Mapa de Ubicación y Accesos

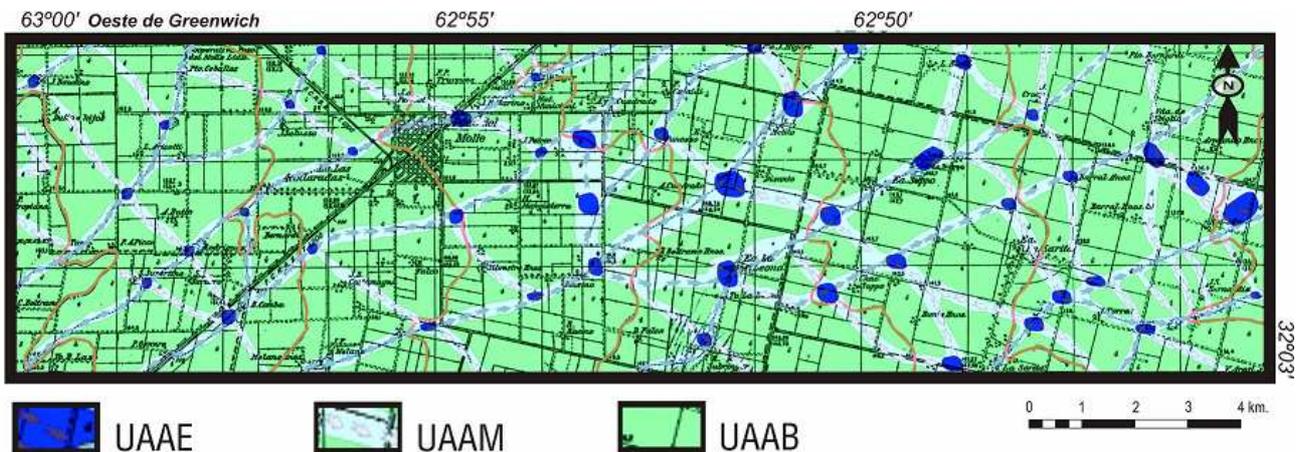


Figura 2. Mapa de Unidades Ambientales de Alterabilidad del Paisaje. En períodos de precipitaciones abundantes.  
**UAEE:** Unidad Ambiental de Alterabilidad Elevada; **UAAM:** Unidad Ambiental de Alterabilidad Media  
**UAAB:** Unidad Ambiental de Alterabilidad Baja