

Zonificación de la pérdida de suelos de la microcuenca del arroyo Chaile afectado por la urbanización de la localidad de Vaqueros (La Caldera, Salta)

Ramona I. Moreno¹, Pablo A. Campos², Adrián J. Avendaño³, Virgilio Núñez⁴, Mirian N. Gil⁵, Verónica N. Vázquez⁶ & Eliseo P. J. Medina⁷

(1) *Cátedra Introducción a los Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta.*
ramoren@unsa.edu.ar; ignamoren@gmail.com

(2) *Cátedra Sensores Remotos, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta.*
pablo404996@yahoo.com.ar

(3) *Consejo de Investigación, Universidad Nacional de Salta.*
ajavendao@yahoo.com

(4) *Instituto de Recursos Naturales y Ecodesarrollo, Cátedra Sensores Remotos, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta.*
nunezv@unsa.edu.ar

(5) *Cátedra Silvicultura, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta.*
mgil@unsa.edu.ar

(6) *Consejo de Investigación, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta.*
v_n_vazquez@yahoo.com

(7) *Cátedra Introducción a los Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta.*
joel_medina@hotmail.com

RESUMEN: El trabajo se desarrolló con el objeto de determinar la influencia de la urbanización en la tasa de erosión en la microcuenca del arroyo Chaile, afluente del río La Caldera, perteneciente a la alta cuenca del río Mojotoro,

Se trata de un flujo de agua de características torrenciales cuya cuenca media atraviesa la localidad de Vaqueros, el que fuera canalizado en su tramo inferior y desviado hacia el río Vaqueros.

Con 171,75 ha de superficie, tiene sus nacientes en las laderas orientales de la sierra de Vaqueros, perteneciente al sistema Cordillera Oriental.

Mediante la utilización de un SIG, se generó el mapa base y las capas temáticas necesarias para caracterizar el área de estudio y para la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE). Para la obtención de los valores correspondientes a los diferentes factores que la integran, se aplicaron adaptaciones, en razón de la disponibilidad de datos. Los valores obtenidos fueron agrupados por clases de erosión. Se analizaron los resultados y se elaboraron las conclusiones.

Para la microcuenca estudiada, la erosión alcanza un promedio ponderado de 62 t/ha/año, predominando las clases de erosión acusada y moderada.

1 INTRODUCCIÓN

La microcuenca del arroyo Chaile, de 171,75 ha, está ubicada en las laderas de exposición oriental de la Sierra de Vaqueros, en el departamento La Caldera de la provincia de Salta, entre las

coordenadas 24°40'44.14" y 24°41'46.50" de Lat. Sur; 65°24'35.43" y 65°27'2.97" de Long. Oeste (Fig. 1).

La sierra de Vaqueros corresponde al Sistema Cordillera Oriental, perteneciente al período Terciario de la Era Cenozoica.

El clima es cálido subhúmedo, con ocurrencia de lluvias orográficas entre los meses de Noviembre y Marzo; las precipitaciones medias superan los

1.000 mm anuales y la temperatura media anual es de 16 °C.

Fitogeográficamente, pertenece a la región Neotropical, dominio Amazónico, provincia de las Yungas o Selva Tucumano-Oranense.

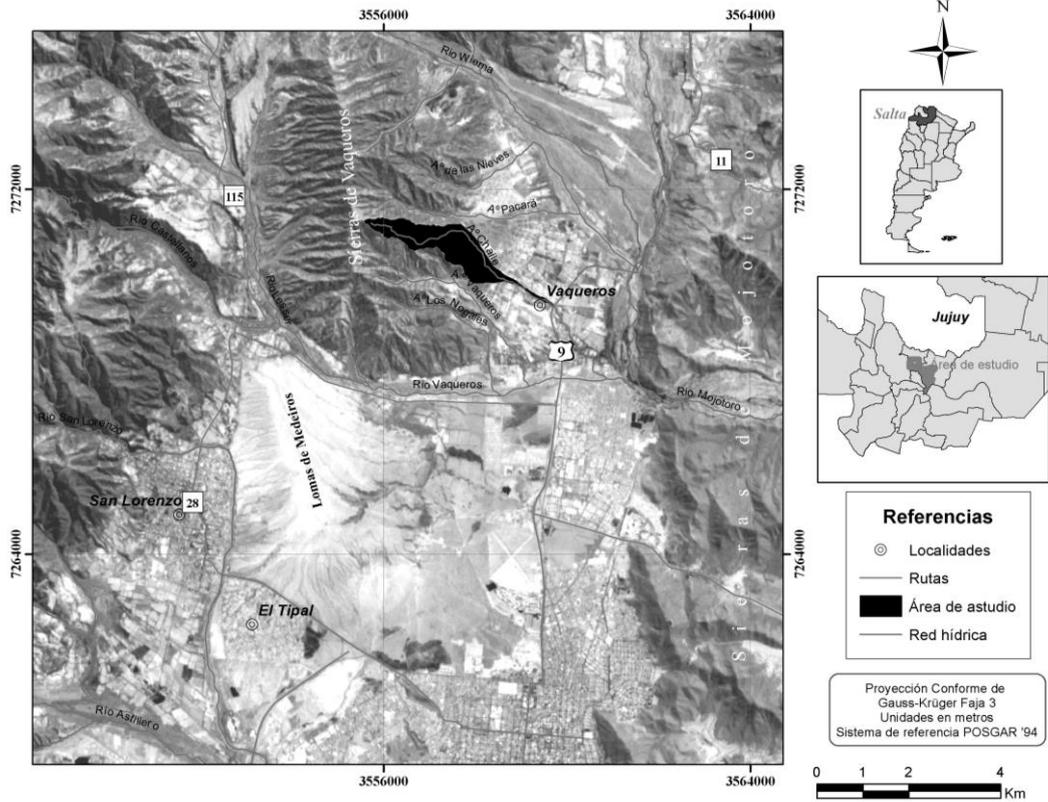


Figura 1: Ubicación del área de estudio

El arroyo es de tipo torrencial, con orientación NO-SE; originalmente desembocaba en el río La Caldera, cuya dirección es N-S, el que al unirse al río Vaqueros, proveniente del Oeste, da lugar a la formación del río Mojotoro, perteneciente a la megacuenca del río Bermejo.

El mencionado arroyo presenta un piedemonte con un 5 % de pendiente sobre el que se asienta el pueblo Vaqueros, de creciente urbanización. Las modificaciones han sido tan intensas, que a partir de la cuenca media sus márgenes se encuentran fuertemente antropizadas, su tramo distal fue canalizado y derivado hacia el río Vaqueros.

Para el análisis de la microcuenca, con base en el estudio de la cartografía y en el relevamiento a campo, se ha determinado el punto de cierre en su intersección con la ruta Nacional N° 9.

El presente trabajo tiene el objeto de zonificar la pérdida de suelos por erosión hídrica del arroyo objeto de estudio, la que se encuentra influenciada por la urbanización y por actividades

del hombre relacionadas con la extracción de la cubierta vegetal.

2 METODOLOGÍA

El estudio se basa en la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE), con modificaciones, en función de la disponibilidad de datos. Para ello se utilizó un Sistema de Información Geográfica (SIG), empleando los software de aplicación Idrisi Taiga y ArcGis 10. La generación de los mapas base se realizó a partir de la imagen satelital del ResourceSat-1 (P6_LISS3_Path & Row_314_096) de fecha 17 de Setiembre de 2012, la carta topográfica Salta 2566-17-3 del año 1.950 a Escala 1: 50.000 del Instituto Geográfico Argentino (IGA, ex IGM) e imagen de Google Earth de Setiembre de 2.012. Para aislar el área de estudio se generó una máscara booleana, para evaluar exclusivamente y con mayor precisión el espacio geográfico de interés.

Utilizando el algoritmo CLUSTER, se obtuvo una primera clasificación de uso y cobertura del suelo. Se procesaron los datos para la generación de los mapas temáticos necesarios, mediante digitalización; la información se almacenó en formato vectorial y ráster. Para la introducción en los modelos de integración se rasterizó con tamaño de píxel de 23,5 m.

Las capas temáticas fueron las siguientes: mapa de pendientes: se utilizó el modelo digital de elevaciones (MDE) registrado por el satélite ASTER provisto por la Agencia Nacional de Aeronáutica y del Espacio de Estados Unidos (NASA); con la aplicación del algoritmo SLOPE se expresó en metro por metro el desnivel existente entre valores de altitud de cada píxel; mapa hidrográfico: con apoyo de interpretación visual de imágenes Google Earth, del MDE y del relevamiento en el campo, se digitalizaron los flujos de agua del área de estudio; mapas relacionados con las precipitaciones: a partir del modelo digital de precipitaciones medias anuales (MDP) para el valle de Lerma (Núñez V., et. al., 2.007) y en base a los datos de precipitaciones de la localidad de Vaqueros, se generó el MDP base para el área de estudio; mapa edáfico: se llevó a cabo su digitalización en base a la cartografía de Nadir & Chafatinos (1.990).

Para describir la microcuenca, se estimaron los siguientes parámetros:

Pendiente media: Está determinada por el cociente entre el desnivel entre las cotas máxima y mínima del cauce principal y su longitud en planta:

$$S_m = \frac{\Delta H}{L} \quad (1)$$

Sm: Pendiente media

ΔH : Diferencia entre la cota máxima y la cota mínima del cauce principal

L: Longitud del cauce principal

Relación de elongación de Schumm (1.956, citado por Vich, 1.996): Es un parámetro de forma que relaciona el diámetro de un círculo cuya área es igual a la de la cuenca, con la longitud máxima de la misma. Explica la tendencia del tiempo que transcurre para que la cuenca evacúe el agua ante un evento torrencial.

$$R_e = \frac{1,1284 A^{0,5}}{L} \quad (2)$$

A: Área de la cuenca (m)

L: Longitud del cauce principal (m)

Caudal máximo o escorrentía crítica: Es el agua sobrante de las precipitaciones que no alcanza a penetrar en el suelo, escurriendo sobre la

superficie. Para calcularlo se aplicó la fórmula de Fuller (citada por Mármol, 2.006):

$$Q_{\max} = N \cdot 0,013 \cdot A^{0,8} (1 + 0,8 \log. T) (1 + 2,66 \cdot A^{-0,3}) \quad (3)$$

A: Área de la cuenca en km²

N: Constante igual a 70 para 100 años de retorno e igual a 100 para 1.000 años de retorno

T: Número de años de retorno

Tiempo de concentración: Es un parámetro de área. Es el tiempo que tarda en llegar a su punto de salida o desagüe una gota de agua caída en el punto más alejado hidráulicamente de la cuenca.

Se supone que la precipitación se distribuye uniformemente en toda la cuenca y que el tiempo de duración de la lluvia es como mínimo, igual al tiempo de concentración. Se relaciona con el gasto pico y con el tiempo de recesión de la cuenca (Ortiz Vera, 2.004).

Para calcularlo, se aplicó la fórmula de Kirpich (Mármol, op.cit.):

$$t_c = 0,02 \cdot L^{0,77} \cdot S^{-0,385} \quad (4)$$

tc: Tiempo de concentración en minutos

L: Longitud del cauce principal en m

S: Pendiente en m/m

La erosión actual se obtuvo mediante la fórmula de Wischmeier & Smith (1.978, citado por Mármol, 2.006):

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (5)$$

A: Pérdida media anual de suelo (tn/ha/año)

R: Factor de lluvia o erosividad de la lluvia en un período de máxima intensidad en 30 minutos, expresado en (MJ. mm)/(ha.h).

Este parámetro representa la energía cinética de la lluvia. El índice que manifiesta su capacidad de provocar erosión se conoce como erosividad. Si se mantienen constantes los otros factores que pueden dar lugar a la erosión, la erosividad es proporcional al producto de la energía cinética total de las gotas de lluvia y su intensidad máxima en treinta minutos (Ogura & Soares Macedo, 2.002).

Debido a la carencia de registros pluviográficos y por lo tanto a la imposibilidad de trabajar con valores de máxima intensidad, como lo requiere el modelo original, se aplicó el modelo de Arnoldus (1.978, citado por Jordán & Bellinfante, 2.000), el que permite una aproximación al valor del factor R.

Basado en el índice de Fournier (1.960), quien considera la precipitación media correspondiente al mes más lluvioso y su relación con la precipitación media anual, la corrección de Arnoldus toma en cuenta los valores de precipitación de todos los meses, lo cual se

conoce como IFM (Índice de Fournier Modificado) o Índice de la FAO. La ecuación general es la siguiente:

$$R = a \text{ Índice FAO} + b \quad (6)$$

R: Factor de erosividad de las lluvias
a y b: Coeficientes de la recta de regresión que dependen del lugar

$$IFM = \sum_{i=1}^{n=12} \frac{P_i^2}{P} \quad (7)$$

p: Precipitación media mensual (mm); P: Precipitación anual (mm); a = 4,17 y b = -152
La fórmula final es la siguiente:

$$R = 4,17 * IFM - 152 \quad (8)$$

Dado que la aplicación del IFM o Índice de la FAO permite obtener un sólo valor para todos los meses del año, se trabajó con el coeficiente pluvial propuesto por Moreno et al (2.010), el que permite captar las variaciones a lo largo del año sobre la totalidad del área para aplicarlas al MDP, utilizando la calculadora de mapas del software utilizado, definiéndose las siguientes fórmulas:

$$c_i = \frac{P_i}{P/12} \quad (9)$$

ci: coeficiente pluvial correspondiente al mes considerado; pi: precipitación media mensual del mes considerado; P: precipitación media anual

$$mdp_i = \frac{MDP}{12} * c_i \quad (10)$$

mdpi: modelo de precipitación media mensual;
MDP: Modelo de precipitación media anual

Reemplazando en (8), queda definida la ecuación:

$$R = 4,17 * \left[\sum_{i=1}^{12} \left(\frac{mdp_i^2}{MDP} \right) \right] - 152 \quad (11)$$

Este factor se expresa en (kg.mm/ha.h)

Factor K: Factor de erodabilidad del suelo, en comparación con las medidas en una parcela patrón de 22,13 m de largo, 9 % de pendiente, en barbecho y labranza continua. Se expresa en (t.h)/(MJ.mm).

Dado que la fórmula propuesta por la U.S.L.E. requiere, entre otras, el porcentaje de arena muy fina, el cual es difícil de precisar puesto que no se obtiene de los análisis físicos rutinarios en los laboratorios de suelos, el cálculo del factor K se llevó a cabo mediante la utilización de la curva de determinación de dicho factor, el que considera el diámetro medio de las partículas, propuesto por la R.U.S.L.E. (Ecuación Universal de Pérdidas de Suelos Revisada). Para su obtención,

considerando dichos diámetros (Villanueva et al., 2.001), se aplicó la siguiente fórmula:

$$GM = \{[(\% a.Dg a) (\% L.Dg L) (\% A.Dg A)]/100\}^{1/3} \quad (12)$$

GM: Media geométrica

Dg: Diámetro medio de la partícula

a: arcilla; L: limo; A: arena

Con el valor de la media geométrica de las partículas de cada tipo de suelo, entrando en la gráfica de determinación de la Soil and Water Conservation Society (SWCS, 1.995, extraído de Villanueva et al., op. cit), se obtuvo el valor del factor K para cada tipo de suelo, expresado en (t/kg)(h/mm)

Factor topográfico LS (adimensional): Está integrado por los factores L y S.

L es el factor longitud de la pendiente, comparada con un largo de pendiente patrón de 22,13 m (adimensional) y S: Factor de inclinación de la pendiente (m/m).

Para el cálculo combinado de estos factores se aplicó la siguiente fórmula, tomada de Mármol (op. cit.):

$$LS = (L/22.1)^{0.5} (S/0.09)^{1.3} \quad (13)$$

L: Longitud de la pendiente; S: Grado de la pendiente expresado en m/m.

El valor de L se tomó de Belmonte et al (2.008), aplicado al valle de Lerma, quienes obtuvieron por superposición de capas, la longitud corregida con aspecto-orientación, píxel por píxel, utilizando mapas de pendiente y orientación, obtenidos con módulos específicos del programa Idrisi Kilimanjaro, a partir del MDE. La orientación fue reclasificada en octantes y normalizada para el cálculo del ángulo de aspecto utilizado para la corrección de la longitud, resultando ser el valor del lado del píxel (23,50 m)

A partir del MDE de la microcuenca, el software generó el mapa de pendientes expresado en m/m.

Ingresando la fórmula a la calculadora de mapas del programa, se obtuvo el correspondiente, con los valores del factor LS para cada uno de los píxeles que conformaron el mismo.

Factor C: Es el factor de cultivo y cobertura vegetal (adimensional). Para su determinación se obtuvo el Índice de Vegetación de las Diferencias Normalizadas (NDVI), se relevó la vegetación a campo y se valoró a partir de las tablas de Wischmeier (1.978).

Factor P: Corresponde a las prácticas agrícolas conservacionistas realizadas en la zona. Cuando estas son realizadas correctamente, minimizan la erosión. Dado que ellas no se llevan a cabo en el área de estudio, adquirió el valor 1.

3 RESULTADOS

3.1 Características generales

La microcuenca tiene un perímetro de 10,256 km; su longitud de cuerda es de 4,54 km y la del cauce principal lo es de 5,21 km, siendo sus cotas extremas 1.804 y 1.271 ms.n.m., con un desnivel de 533 m.; su pendiente media es del 10 %.

La relación de elongación de Schumm le confiere el valor es 0,28, lo cual corresponde a una forma muy alargada, lo cual es positivo desde el punto de vista ambiental, pues este parámetro morfométrico no intensifica el vigor de las crecidas.

El caudal máximo o escorrentía crítica se estimó en 11,91 m³/s, con un tiempo de concentración de 35' para un período de retorno de 100 años.

3.2 Pérdida de suelos

3.2.1 Factor de erosividad de las lluvias

Aplicando la ecuación (9) y posteriormente la ecuación (10) al MDP, se obtuvieron los 12 mapas (mp_i) de precipitaciones de la microcuenca del arroyo Chaile. Ingresando la ecuación (11) a la calculadora de mapas del software utilizado, se obtuvieron los valores correspondientes al factor R, píxel por píxel (Fig. 2).

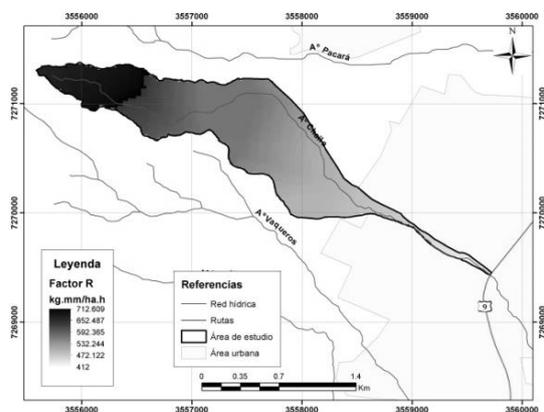


Figura 2. Distribución de los valores de erodabilidad de las lluvias en la microcuenca del arroyo Chaile

Con un promedio de 562,7 kg mm/ha.h, la mayor parte de la microcuenca se encuentra incluida dentro de un alto grado de erosividad de las precipitaciones (R), según la escala de valoración de la de la FAO (1.980).

3.2.2 Factor de erodabilidad del suelo

Los suelos dominantes son San Alejo y Vaqueros, con profundidades del horizonte superficial de 26 y 21 cm, de texturas franco arcillosa y franco limosa, respectivamente.

Aplicando la ecuación (12) se obtuvo el diámetro medio de las partículas para cada suelo.

Ingresando con cada valor al gráfico de determinación del factor K de la SWCS, se obtuvieron los valores respectivos (Tabla N° 1), los que fueron incorporados al mapa de suelos, obteniéndose la Fig. 3.

Tabla 1: Cálculo del diámetro medio de cada componente textural y valores del factor K				
	Suelos Vaqueros		Suelos San Alejo	
	%	diám medio (mm)	%	diám medio (mm)
Arcilla	20,6	0,001	35,6	0,001
Limo	45,9	0,020	31,8	0,020
Arena	33,5	0,100	22,6	0,100
Media geométrica	0,00063351		0,0005117	
Factor K	0,08588518		0,07998438	

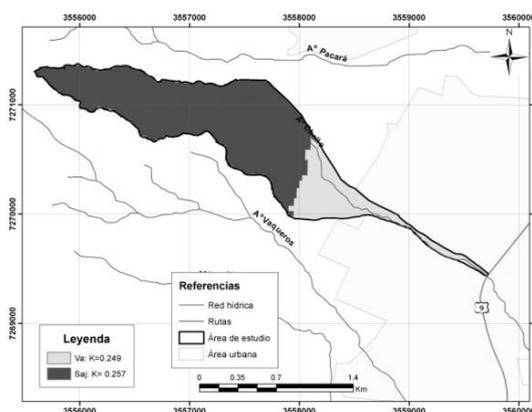


Figura 3. Factor K de cada tipo de suelo de la microcuenca del arroyo Chaile

En función de la proporción de arena, limo y arcilla, el menor valor se localiza sobre los suelos Vaqueros, sobre el piedemonte, en tanto que el mayor, sobre los suelos San Alejo, localizados sobre el ambiente serrano.

3.2.3 Factor topográfico

El factor S está dado por el grado de la pendiente y es el que condiciona la mayor o menor escorrentía del agua (Rodríguez Entrena, 2.007).

El factor L puede definirse como la distancia entre el punto donde se origina el escurrimiento superficial hasta donde comienzan a depositarse los sedimentos, por cambio de la pendiente (Salguero, s/fecha).

Utilizando el mapa de pendientes m/m (Fig. 4) , se incorporó la fórmula (13) a la calculadora de mapas, considerando constante el valor de L (23,50 m), como se explica en la metodología, obteniéndose el mapa de los coeficientes LS (Fig. 5).

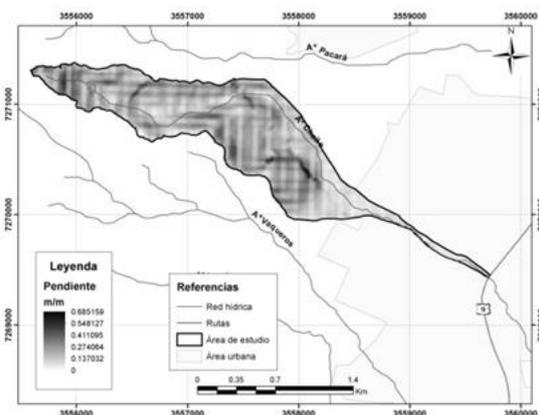


Figura 4: Distribución de la pendiente en m/m

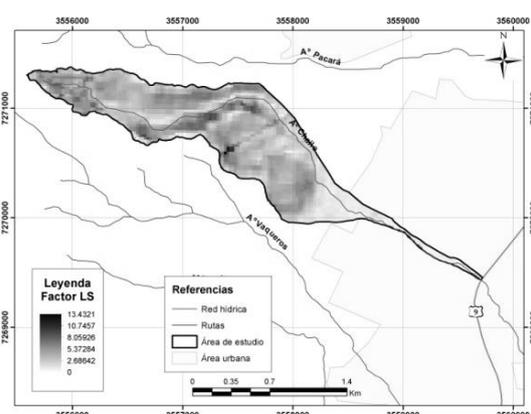


Figura 5: Factor topográfico de la microcuenca del arroyo Chaile

Predomina en la microcuenca la topografía erosiva. Los valores bajos se localizan hacia el punto de cierre, encontrándose mayormente los más altos localizados sobre la margen derecha del flujo de agua, en el ambiente serrano.

3.2.4 Factor de cultivo y cobertura vegetal

La infraestructura urbana y los recientes loteos han exigido la disminución de la cobertura vegetal en el piedemonte y en espacios serranos. A ello debe sumarse la extracción de especies leñosas para su uso como combustible.

El estudio y la caracterización de la vegetación presente y su posterior análisis, determinó que el factor C adquiera los valores que se registran en la Tabla N° 2:

Tabla 2: Valores del factor C		
Clase	Cobertura vegetal	Valor de C
UV 1	Suelo desnudo	0,36
UV 2	Matorral bajo	0,22
UV 3	Matorral Alto	0,13
UV 4	Bosque ralo	0,087
UV 5	Bosque alto	0,012

La reclasificación del mapa de uso y cobertura del suelo, ajustado en función al NDVI, con los valores asignados, arrojó la Fig. 6.

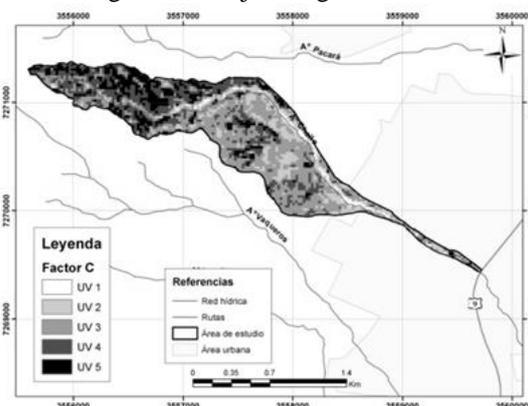


Figura 6. Distribución del factor C

El 3 % de la superficie de la microcuenca presenta suelo desnudo, localizándose sobre la margen izquierda del arroyo; el matorral (alto y bajo – UV 2 y UV 3 -) ocupa el 56 % de la misma, en las áreas antropizadas; el bosque denso sólo el 15 % (UV 5), en tanto que el ralo (UV 4), el espacio restante, correspondiente al 26 %, ambos fundamentalmente en la cuenca alta y mayormente sobre las paredes orientadas hacia el Sur de la quebrada por la que fluye el arroyo sobre la serranía. Con respecto al suelo desnudo (UV 1), el modelo registra el cauce del mismo y pequeños espacios diseminados en toda el área.

3.2.5 Factor prácticas agrícolas

Teniendo en cuenta que dentro del área de estudio no se llevan a cabo actividades agrícolas, el factor P adquiere el valor 1.

3.2.5 Erosión actual

El producto de los 6 factores que conforman la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos dio como resultado los valores que se consignan en la siguiente figura, píxel por píxel.

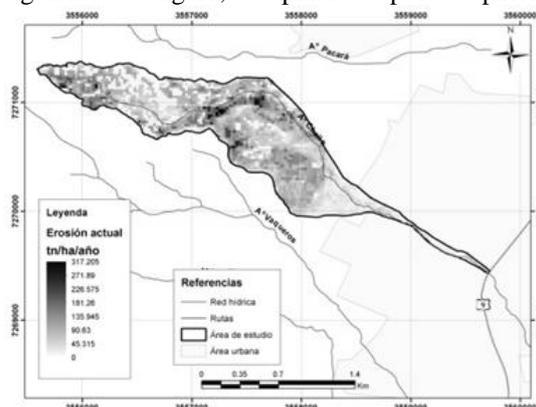


Figura 7. Distribución de los valores de erosión

La distribución de las diferentes clases de erosión según la evaluación de FAO-PNUMA-UNESCO (1.980), se distribuyen según se observa en la Fig. 8.

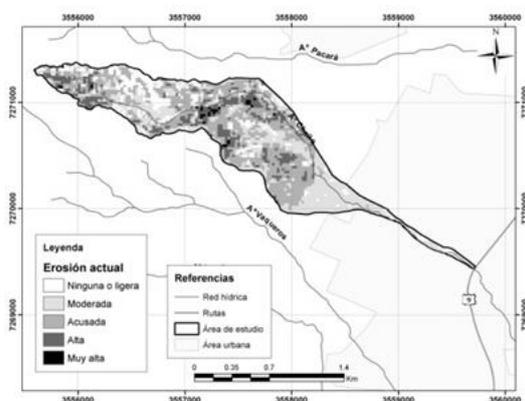


Figura 8. Distribución de los tipos de erosión

Las superficies ocupadas por cada categoría de erosión se registran en la siguiente tabla:

Tabla N° 3: Clases y rangos de erosión distribuidos por superficie		
Erosión actual	Pérdida de suelos (t/ha/año)	Superficie (ha)
Ninguna o ligera	0 - 10	23,75
Moderada	10 a 50	56,61
Acusada	50 a 100	67,54
Alta	100 a 200	22,20
Muy alta	200 - 318	1,66

Los porcentajes de superficie de cada clase de erosión se visualizan en la siguiente gráfica:

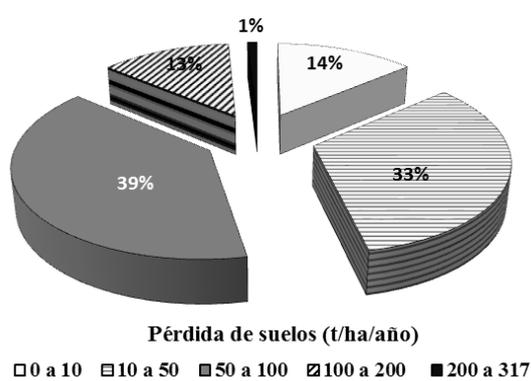


Figura 9. Pérdidas de suelos distribuidas por porcentaje de superficie en la microcuenca del arroyo Chaile

La microcuenca presenta predominantemente un nivel acusado de erosión (39 %), con un promedio ponderado de 62 t/ha/año.

La erosión alta y muy alta (14 % de la superficie del área), con máximos de 317,21 t/ha/año, se

concentra en los terrenos de exposición Norte, hacia el centro del área de estudio, caracterizados por una topografía altamente erosiva, con cobertura vegetal constituida principalmente por matorrales. Inmediatamente por debajo de este sector, la erosión es moderada (33 %)

La parte baja es un espacio de deposición de cantos rodados de importantes dimensiones y de sedimentos gruesos.

Los bosques densos ejercen su protección en menos del 14 % del área de estudio, fundamentalmente en la cuenca alta, sobre las vertientes de exposición Sur de la pequeña quebrada por la que discurre el arroyo.

4 DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta que el área se encuentra ocupada por el hombre desde 1.690, habiéndose llevado a cabo históricamente actividades agrícola-ganaderas, se entiende la presión ejercida sobre la vegetación, para múltiples usos. En la actualidad, a medida que avanza la industria inmobiliaria hacia el Oeste, la denudación del suelo se amplía; asimismo, las actividades extractivas de especies leñosas para combustible, la intensifican.

La escasez de protección del suelo por parte de la vegetación, especialmente sobre las márgenes del arroyo, en espacios con topografía erosiva, determina máximos de erosión de 317,21 t/ha/año.

El carácter torrencial del arroyo se manifiesta intensamente en determinados eventos en el período estival, por lo que resulta muy importante dicho dato máximo de pérdida de suelos.

5 CONCLUSIONES

La microcuenca del arroyo Chaile se encuentra muy modificada, debido a la urbanización concentrada en su piedemonte.

La metodología aplicada permitió localizar píxel por píxel los valores de cada factor de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos actuante en el área de estudio y determinar un promedio ponderado de erosión de 62 t/ha/año, con máximos de 317,21 t/ha/año y mínimos de hasta 0 t/ha/año en reducidos espacios protegidos por vegetación boscosa densa y en la parte baja de la microcuenca.

Debe tenerse en cuenta que los tipos predominantes de erosión son acusada y moderada, así como sus efectos sobre este ambiente antropizado y tomar medidas estructurales y no estructurales, principalmente relacionadas con la revegetación y con la educación ambiental.

Es posible que las tasas aumenten, en función de una probable mayor expansión urbana, fundamentalmente hacia la sierra.

6 REFERENCIAS

- Belmonte, S., J. Viramonte, V. Nuñez & J. Franco, Estimación del potencial hidráulico para generación de energía eléctrica por microturbinas mediante herramientas SIG - Valle de Lerma (Salta), *ASADES (Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente)*, Vol. 12 (6.73-6.80), Impreso en la Argentina, 2.008.
- Edeso Fito, J. M., P. Marauri & A. Merino, *Aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica en los estudios geomorfológicos y medioambientales: el mapa sintético de riesgos potenciales y el mapa de erosión*, Lurralde, <http://www.ingeba.org>, 1.995.
- Jordán A. & N. Bellinfante, Cartografía de la erosividad de la lluvia estimada a partir de datos pluviométricos mensuales en el Campo de Gibraltar (Cádiz), *Revista Edafología*, Vol. 7-3 (83-92), Sevilla, 2.000.
- Mancilla Escobar, G. A., *Uso y conservación de suelos. Uso de la Ecuación Universal de Pérdidas de suelo (USLE) en el campo forestal*, Universidad de Chile, <http://captura.uchile.cl>, 2.008.
- Mármol, L. A., *Introducción al manejo de cuencas hidrográficas y corrección de torrentes. Ingeniería en Recursos Naturales y Medio Ambiente*, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta, 2.006.
- Moreno, R. I., P. A. Campos & A. J. Avendaño, Estimación de la erosión hídrica de una microcuenca perteneciente a las Sierras de Mojotoro (Salta, Argentina) mediante la utilización de herramientas SIG y de un coeficiente pluvial para el cálculo del factor R de la USLE, *Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA*, EdiUNJu, San Salvador de Jujuy, 2.010.
- Moreno, R. I., *Ordenamiento territorial mediante criterios de sostenibilidad ambiental y aplicación de un SIG (Sistema de Información Geográfica) en Sierras de Mojotoro (Departamento Cerrillos, Provincia de Salta, Argentina)*, Universidad Nacional de Salta, 2.012.
- Nadir, A. & T. Chafatinos, *Los Suelos del N.O.A. (Salta y Jujuy)*, Tomo 1, 2 y 3, Salta, Argentina, 1.990.
- National Aeronautics and Space Administration (NASA), Jet Propulsion Laboratory. California Institute of Technology. Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER), *Global Digital Elevation Model Version 2 (GDEM V2) on October 17*, <http://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>, 2.011.
- Núñez V. (Director), *Ordenación territorial del Valle de Lerma - Parte II - Pautas para la planificación*. Proyecto CIUNSa N° 1345, Universidad Nacional de Salta, 2.007.
- Ogura A. & E. Soares Macedo, *Procesos y riesgos geológicos*, Capítulo 8, *II Curso Internacional de Aspectos Geológicos de Protección Ambiental*, Instituto de Investigaciones Tecnológicas de Sao Paulo – IPT, Oficina Regional de Ciencia de la UNESCO para América Latina y El Caribe- Oficina de UNESCO en Montevideo (114-137), Campinas, Brasil, www.unesco.org.uy, 2.002.
- Ortiz Vera O., Evaluación hidrológica, Universidad Nacional de Cajamarca, *Revista Hidrored*, Red Latinoamericana de Microhidroenergía, 2.004.
- Rodríguez Entrena M., Potencialidad de las técnicas SIG para la gestión ambiental: aplicación al estudio de la erosión. M + A, *Revista electrónica de Medio Ambiente*, Universidad Complutense de Madrid, biblioteca.universia.net, 2.007.
- Salguero, M. R. & C. Torres (Aux.), *Ecuación Universal de Pérdida de Suelo por Erosión Hídrica (USLE)*, Universidad de San Carlos de Guatemala, <http://es.scribd.com>, s/fecha.
- Villanueva, G. H., Osinaga R. G. y A. P. Chávez, *Manual de Tecnología de los Suelos Agrícolas, (El Uso Sustentable de los suelos)*, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta, 2.002.
- Vich A. I. J., *Aguas continentales. Formas y procesos. Manual de aplicaciones prácticas*. Mendoza, 1.996.