



III CADI  
IX CAEDI  
2016



## **EROSIÓN HÍDRICA EN EL CENTRO DE LA REPUBLICA ARGENTINA APLICANDO LA ECUACION UNIVERSAL DE PÉRDIDA DE SUELO Y EL METODO DE DEGIOVANNI**

**Ing. ALPIRI, Emilce Natalia**, UTN Fac. Reg. San Francisco, emilcealpiri@gmail.com

**Ing. CERINO, Darío Natalio**, UTN Fac. Reg. San Francisco, dariocerino@hotmail.com

**Ing. HERRERO, Marcelo Alejandro**, UTN Fac. Reg. San Francisco,  
marceloherrero97@gmail.com

**Ing. VELAZQUEZ, Héctor Antonio**, UTN Fac. Reg. San Francisco,  
hectoravelaz@hotmail.com

**Resumen**— La erosión hídrica es el proceso mediante el cual el suelo y sus partículas son separados por el agua.

La degradación de las tierras es el resultado de uno o varios procesos que ocasionan la pérdida total o parcial de su productividad. Gran parte de las tierras agrícolas de la región pampeana, sufren algún tipo de proceso de degradación, físicos, químicos o biológicos siendo la erosión una de los más importantes.

Este trabajo consiste en la aplicación del método de Degiovanni y de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) que es un método cuantitativo de valoración indirecta de la pérdida de suelo por procesos de erosión hídrica. La estimación se realiza a partir de la modelización de la respuesta del suelo frente a la precipitación pluvial. Por su fácil aplicación y universalidad en las situaciones ambientales de su aplicación, es en la actualidad el modelo de mayor aplicación.

También, se desarrollaron algunos métodos cualitativos para la obtención de una rápida apreciación de los problemas de erosión, se basan en la cartografía de unidades de erosión, ambientales, geomorfológicas o de suelos que mantienen cierto grado de homogeneidad. En Argentina, este procedimiento fue aplicado con algunas adaptaciones por Degiovanni et al. (1995) y Sanabria et al. (1996). Esta metodología es de diagnóstico rápido y puede ser fácilmente desarrollada a partir de la información suministrada.

**Palabras clave**— *Degradación, precipitaciones, USLE, método.*

### **1. Ubicación de la Zona de Análisis**

La zona de análisis seleccionada es una porción de los departamentos Marcos Juárez, Unión, San Justo y Gral. San Martín, todos de la provincia de Córdoba, y parte de la provincia de Santa Fe hasta el Río Paraná, la ciudad de Marcos Juárez, se ubica al centro de esta región estudiada, y al Este de la Provincia de Córdoba, casi en el límite con la Provincia de Santa Fe, en la zona denominada “Pampa Ondulada”, limitada al Norte con lo que denominamos la “Depresión de Tortugas”, al Oeste con la “Pampa Loessica Plana”, al Sur con la continuación de la “Pampa Ondulada” y al Este con la Provincia de Santa Fe conjuntamente con la cual

comparte los bajos del Arroyo Tortugas afluente del Río Carcarañá, que desemboca sus aguas en el Río Paraná.

Abarca desde Villa María, hasta el Río Paraná, pasando por la ciudad de Marcos Juárez, de Oeste a Este, en una distancia aproximada de 350 km y de Norte a Sur, 150 km al Norte de Marcos Juárez y 150 km al Sur, de dicha localidad, todo lo que nos da una zona en estudio de 350 km de ancho por 300 km de alto, con la ciudad de Marcos Juárez en el centro.

Es una porción de 5.800.400,24 ha. (**Figura 1**)

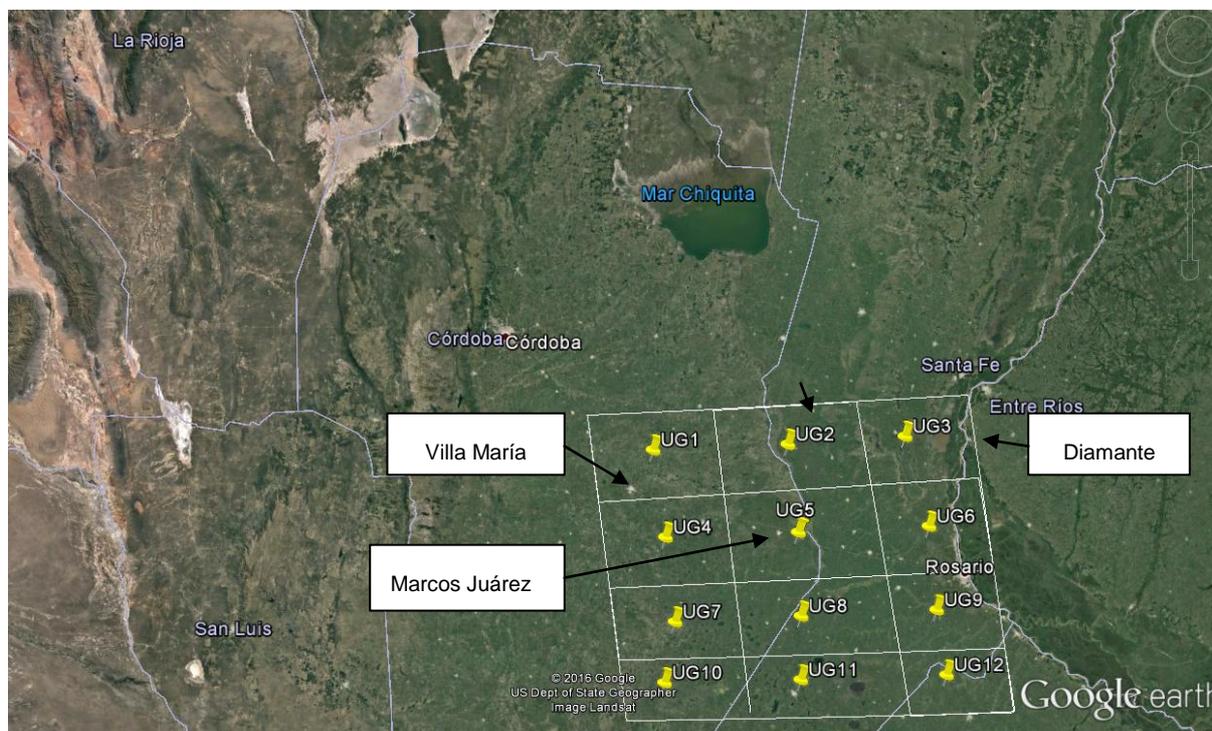


Figura 1: Vista satelital de la zona. Fuente: Elaboración propia en Google Earth.

La zona de análisis se divide en parcelas, formadas por líneas de cortes transversales y longitudinales, denominadas Corte 1 a Corte 9.

## **2. Características del Área Seleccionada**

### **2.1 Suelo**

Se obtienen datos del relieve, tipo de suelo, clima y otras características mediante la opción “información” de Visor Geointa [1].

El subsuelo de la Provincia de Córdoba se apoya sobre el macizo de Brasilia, basamento cristalino muy profundo. Sobre él yacen rocas del Paleozoico y sedimentos del Terciario. Durante el Cuaternario los sedimentos cubrieron estas enormes extensiones con materiales de erosión transportados durante milenios por el viento y el agua.

Los suelos de zona de estudio seleccionada son fértiles y productivos, en general con buena capacidad para retener la humedad. Se los utiliza para la agricultura y la ganadería.

Se toma como referencia geográfica de la zona de estudio, a la Ciudad de Marcos Juárez.

En los alrededores de la Ciudad de Marcos Juárez, el suelo se presenta oscuro, profundo y bien drenado, desarrollado sobre un sedimento de loess. La capa arable hasta los 20 - 23 cm es

de color pardo grisáceo muy oscuro. Hacia abajo se hace más arcillosa, hasta una profundidad de 66 cm aproximadamente.

Según la carta de suelos Hoja 3363 – 17 Marcos Juárez, en ensayos se encuentra un suelo identificado como Argiudol típico, que posee capacidad de uso. Es un suelo oscuro, profundo y bien drenado de las lomas casi planas, desarrollado sobre un sedimento loésico de textura franco limosa, constituyendo un típico representante de los suelos buenos del área con una amplia aptitud para cultivos, forrajes y pasturas, aunque presentan una ligera limitación climática (INTA, 1978).

La unidad geomorfológica dominante es la denominada Pampa Loésica Plana, donde la cubierta superior está conformada por sedimentos loessicos producto de la actividad volcánica explosiva cordillerana. [Mansilla, 1987]

De acuerdo a los datos suministrados por “Estación Experimental INTA Marcos Juárez”, para ensayos iniciado en campaña con la rotación Maíz-Trigo/Soja-Soja, se determina que la composición del suelo es un Argiudol típico, con la siguiente composición mineral en el horizonte:

- Arcilla 215 g kg<sup>-1</sup>
- Limo 689 g kg<sup>-1</sup>
- Hasta los 20 cm de profundidad, para el área cercana a Marcos Juárez, se presenta un contenido de materia orgánica de 2,64 - 3,00 % promedio

## **2.2 Relieve**

El relieve general es muy plano, las alturas en la mayoría de los perfiles realizados, exceptuándose las zonas de bajos inundables se ubican entre los 150 a 160 msnm. Las pendientes están entre 0,3 al 0,5 % al Este.

Las márgenes (800 m) de los principales ríos de la zona de estudio (Rio Carcarañá, Rio Tercero y Paraná) presentan un suelo aluvional debido al arrastre de rocas, quedando expuesto un “material fino” formado por limo y arena fina.

Para el caso del Arroyo Tortugas, como es un desagüe natural de los excesos hídricos de la zona de estudio, no se evidencian aluviones ni arenas finas, si presentan arenas gruesas y arcillas, con un paisaje dominante solo en sus márgenes de bajos y lomas.

La zona próxima a Marcos Juárez corresponde al predominio de la pampa ondulada y escalones estructurales. Las aguas se escurren superficialmente, donde las lomas son alargadas y planas no se manifiestan grandes problemas de erosión, pero estos oscilan de moderados a críticos, en donde las pendientes se hacen más pronunciadas, próximas al Carcarañá y al arroyo Tortugas.

Las vías de escurrimiento o desagüe siguen en general un marcado paralelismo.

Se indica a continuación las características específicas de los suelos: [4]

### *2.2.1 Este de la ciudad de Marcos Juárez*

Desde el Norte existe una suave pendiente no mayor a 0,5 grados desde los denominados “Bajos de San Antonio” (Dpto. San Justo), que descienden hacia el Sur.

Es una zona definida en planos adjuntos como de “bajos naturales”, entre la Provincia de Córdoba, y toda la Provincia de Santa Fe.

### *2.2.2 Oeste de la ciudad de Marcos Juárez*

Al Oeste de la Ciudad de Marcos Juárez, es decir hacia Villa María, el suelo superficial asciende suavemente, llegando a cota 204 msnm, en la ciudad de Villa María, siguiendo su ascenso a lo largo de la Autopista N° 9 hacia la ciudad de Córdoba, en un tramo aproximado de 100 km desde Villa María, donde se llega a una cota máxima de 380 msnm.

#### *2.2.3 Norte de la ciudad de Marcos Juárez*

Los suelos superiores de la parte Norte poseen pendientes NW-SE, que desde cota 99 msnm, bajan hasta cota 85 msnm, para unirse a la cuencas de bajos naturales del Arroyo Tortugas y de allí al Rio Paraná, existiendo una divisoria de aguas NE-SW, donde el suelo superficial, va creciendo su cota, hasta llegar a cota 204 msnm en la ciudad de Villa María.

#### *2.2.4 Sur de la ciudad de Marcos Juárez*

Las cotas superficiales de los suelos van creciendo hasta llegar por el Sur de Villa María, a valores de 350 msnm, siguiendo en la dirección antes mencionada.

### **2.3 Clima**

En líneas generales, la zona seleccionada tiene las características climáticas propias de la Provincia de Córdoba. Se trata, específicamente, de un clima templado. La temperatura del mes más caliente es superior a 22°C (veranos muy calurosos). Frío en invierno, con temperatura media menor a 18°C. Precipitación escasa en invierno, con una media anual de 600 mm, que permite el cultivo de carácter extensivo en ciertas épocas del año.

Desde el punto de vista dinámico, el clima es típico de la zona templada, con caracteres específicos de una zona mediterránea. Es de una gran uniformidad térmica.

En otoño y primavera, en general, se presenta buen tiempo, con marcada amplitud térmica, lo que produce una sensación agradable durante el día, pero con frío en las noches y primeras horas de la mañana.

### **2.4 Precipitaciones**

En general y sobre todo en primavera / otoño, el cambio del tiempo se produce con fuerte vientos del Sur, a veces realmente intensos, y tempestades eléctricas y lluvias. Algunos de los ciclones propios de este estado de tiempo, dotados de mayor energía cinética, pueden producir verdaderos destrozos en diversos lugares.

A partir de octubre las lluvias suelen ser torrenciales y producir crecidas en los cursos de agua que descienden de la falda oriental de las Sierras. Suelen ser lluvias de corta duración; pronto el cielo se despeja por completo mientras se acentúa el predominio de una masa de aire de origen polar, fresco y limpio que facilita la insolación.

### **3. Medio Biótico**

El tipo de vegetación dominante en este sector es el que caracteriza a la estepa pampeana, casi sin árboles. Posee vegetación herbácea.

Es de hacer notar que la vegetación natural queda sólo en muy pocos sitios no modificados por la agricultura y la ganadería.

Hay actualmente numerosas especies silvestres, algunas originarias de la zona y otras procedentes de otras latitudes que se adaptaron a esta región.

En bañados, lagunas y zonas anegables, en épocas de lluvias muy abundantes, se presentan especies vegetales propias de ese hábitat, tales como cola de mula, pelo de chanco, juncos, cortaderas, etc.

### **3.1 Agricultura**

Con el constante crecimiento y desarrollo de zonas urbanas, la vegetación terrestre se encuentra severamente amenazada.

En la Tabla 1 se comparan tres campañas para un área seleccionada alrededor de Marcos Juárez:

Tabla 1: Campañas 2007/2010 en Marcos Juárez

Siembra	2007/2008		2008/2009		2009/2010	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Trigo	346158	28.9	166768	14.1	97901	8.2
Maíz	256419	21.4	212751	17.8	251265	21.0
Soja 1°	39874P	33.3	720907	60.3	767107	64.2
Soja 2°	346158	28.9	168768	14.1	97901	8.2

Fuente: INTA

Se determina que los tres cultivos más importantes son el trigo, soja y maíz, pero también hay posibilidades de otras coberturas como alfalfa, pasturas naturales y/o implantadas, sorgo y girasol.

Debe tenerse en cuenta que esta evaluación se hace sobre zonas cultivables, descartándose aquellas que no lo son como bañados o superficies inundadas por los eventos de principio de 2015.

## **4. Modelo de la Estimación de la Erosión**

Los métodos para la estimación de la erosión son herramientas que permiten evaluar mediante un indicador cuantitativo el grado de erosión presente, y las posibilidades de control del proceso mediante técnicas de manejo.

Los modelos “empíricos” se desarrollan a partir de relaciones estadísticas entre procesos, basadas en el tratamiento de grandes bases de datos.

### **4.1 Método de Degiovanni**

Este método es útil para obtener una aproximación a la evaluación del riesgo de erosión hídrica y puede ser utilizada para la planificación ambiental a mediana escala.

Esta metodología es de diagnóstico rápido y puede ser fácilmente desarrollada a partir de la información suministrada por una Carta de Suelos, presente en la descripción de las unidades taxonómicas y las unidades cartográficas.

La susceptibilidad de erosión se establece a partir de la valoración de los parámetros que intervienen en el proceso de erosión hídrica, tales como, geomorfológicos, litológicos, de suelos y de erosión anterior. La cobertura varía fuertemente según el uso de la tierra presentando además una variación a lo largo del año según el ciclo de vida del cultivo o las pasturas.

*EROSIÓN HÍDRICA EN EL CENTRO DE LA REPUBLICA ARGENTINA APLICANDO LA ECUACION UNIVERSAL DE PÉRDIDA DE SUELO Y EL METODO DE DEGIOVANNI*

Al analizar cada una de estas variables se obtiene la Tabla 2 y de ella la valoración del índice de susceptibilidad.

Tabla 2: Valoración de método de Degiovanni

<b>Variable</b>		<b>Puntaje</b>	
<b>Litología</b>	Rocas	0	
	Textura (en suelos)	Gravosa/Arcillosa	0
		arenosa gruesa	0,3
		arenosa fina	0,7
		arenosa muy fina/limosa	1
<b>Pendiente</b>	Gradiente	0-1%	0
		1-2%	0,5
		> de 2%	1
	Longitud	0-50 m	0
		50-300 m	0,5
		> 300 m	1
<b>Desarrollo edáfico</b>		bueno	0
		moderado	0,5
		bajo	1
<b>Erosión hídrica actual</b>		nula	0
		baja	0,3
		moderada	0,6
		alta	1
<b>Clima</b>	Precipitación (intensidad)	exc. 1 /10 años	0
		1/año	0,5
		varias/ año	1
<b>Prof. Capa freática</b>		0 m	0
		0,1-1,5m	0,3
		1,5-3 m	0,6
		> 3 m	1
<b>Uso del territorio</b>		sin uso	0
		ganadería ext.	0,3
		gan./agric.	0,6
		agric/gan.	1
		<b>5,3</b>	

<b>Índice de susceptibilidad</b>	<b>Puntaje</b>
nulo	0 - 2
bajo	2 - 4
moderado	4 - 6
alto	6 - 8
muy alto	8 - 10

Fuente: Elaboración propia

#### **4.2 Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE)**

Un ejemplo de modelo empírico es la Ecuación Universal de Perdida de Suelos (USLE, por sus siglas en ingles).

Es utilizado para estimar la perdida promedio anual de suelo por erosión hídrica para una determinada rotación de cultivos.

Este modelo combina diferentes condiciones climáticas, de suelo, pendiente y sistemas de uso y manejo de suelo.

La ecuación básica del modelo es:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \text{ (Ecuación 1)}$$

Donde:

A = pérdida anual de suelo

R = factor de erosividad por la precipitación pluvial

K = factor de erodabilidad del suelo

L = factor de longitud de la pendiente

S = factor de gradiente de pendiente

C = factor de manejo de cosechas

P = factor del método de control de erosión

##### *4.2.1 Erosividad por la precipitación pluvial (R)*

Los datos de R o Erosividad de la Lluvia, se extraen de la publicación de la EEA-INTA Paraná:

[http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_eea\\_paran\\_manual\\_sitematizacion\\_de\\_tierras.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_eea_paran_manual_sitematizacion_de_tierras.pdf) [2]

En la Figura 2 se indican los datos de erosividad de las lluvias en forma de isolineas para gran parte del territorio del país, incluyendo a la Provincia de Córdoba y Santa Fe.

Se obtiene un valor de R promedio ponderado para la zona de estudio de 520 (mJ x cm)/(ha h).

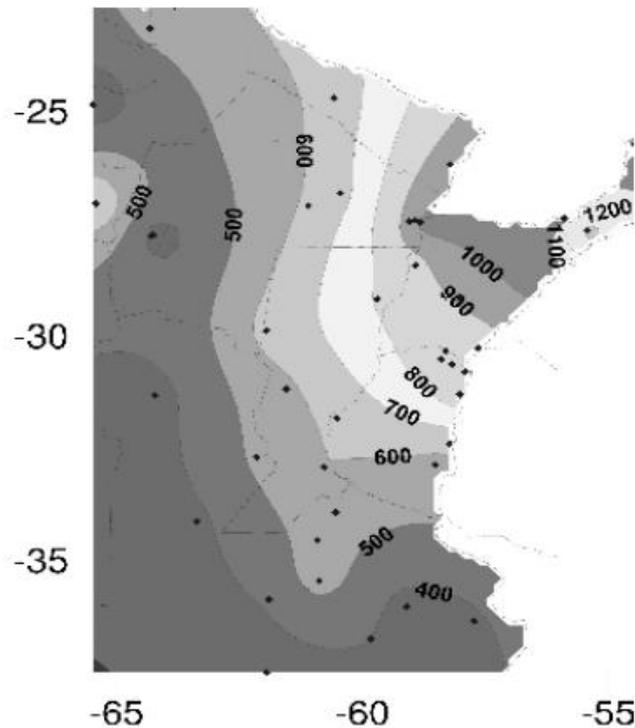


Figura 2: Isoclasas de erosividad por lluvia. Fuente: INTA

#### *4.2.2 Erodabilidad del suelo (K)*

La erodabilidad del suelo (K) es su vulnerabilidad a la erosión expresada en unidades de pérdida de suelo (t/ha) para un valor de R.

El factor K es dependiente de cinco parámetros: porcentaje de limo más arena fina, porcentaje de arena, contenido de materia orgánica, estructura y permeabilidad.

Se puede estimar por medio de la ecuación de Wischmeyer y Smith (1978), donde los datos se obtienen del Mapa de Suelos de la Provincia de Córdoba

El factor K también se puede estimar gráficamente a través de nomogramas como se indican en la Figura 3 o a través de tablas de erosionabilidad, como se indica en la Tabla 3, optándose por este último para la estimación de la zona seleccionada, donde se modificaron las unidades a [(t/ha)/(MJ cm)].

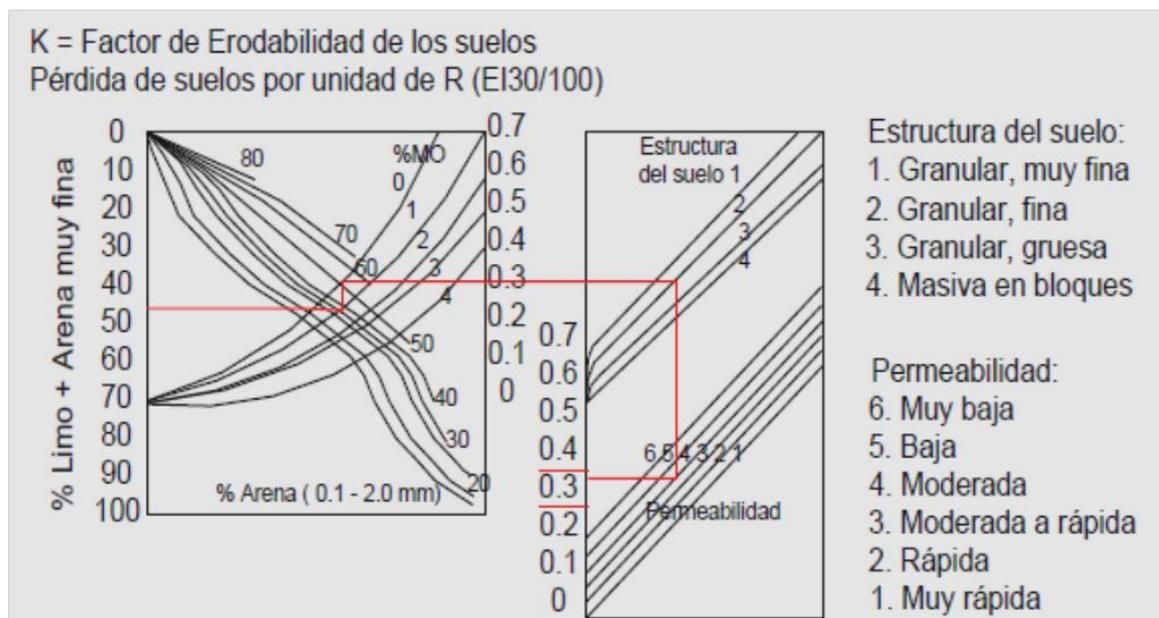


Figura 3: Nomograma para obtener el factor K. Fuente: INTA

Tabla 3: Factores de erosionabilidad del suelo asociados a la textura y al contenido de materia orgánica según Kirkgby y Morgan (1980). Los valores K están expresados en (tn/ha)/MJ.mm.h

Textura	Valores de K		
	Contenido de Materia Organica		
	< 0.5%	2 %	4 %
Limo Franco	0.63	0.55	0.43
Arcillo Limoso	0.33	0.3	0.25
Franco Arcillo Limoso	0.49	0.42	0.34

Cada parcela, como parte de una gran unidad geomorfológica se denominará UG1 a UG12. Para cada una de ellas, se obtienen valores como se indican a continuación y se resumen en la Tabla 4:

Tabla 4: Factores de K obtenidos para cada UG.

	UG1	UG2	UG3	UG4	UG5	UG6	UG7	UG8	UG9	UG10	UG11	UG12
<b>K</b>	0.43	0.34	0.42	0.43	0.43	0.43	0.43	0.34	0.43	0.25	0.43	0.34

Fuente: Elaboración propia.

En la UG1, región que pertenece a la Provincia de Córdoba, predomina un paisaje de planicie, con drenaje moderado y baja retención de humedad. Es de textura superficial franco limosa y sub-superficial Franca, con pendiente menor a 1%. Se obtiene un valor de K = 0,43 para un contenido orgánico de 3 - 4%.

En la UG2, región que pertenece a la Provincia de Córdoba y Santa Fe, predomina un suelo con baja retención de humedad. Es de textura superficial franco limosa y sub-superficial

Arcillo Limosa, con pendiente menor a 1%. Se obtiene un valor de  $K = 0,34$  para un contenido orgánico de 4%.

En la UG3, región que pertenece a la Provincia de Santa Fe, predomina un suelo con drenaje deficiente y terrenos anegables con baja retención de humedad. Es de textura superficial franco limosa y sub-superficial Arcillo Limosa, con pendiente de 0%. Se obtiene un valor de  $K = 0,42$  para un contenido orgánico de 2%.

En la UG4, región que pertenece a la Provincia de Córdoba, predomina un suelo con buena retención de humedad. Es de textura superficial franco limosa y sub-superficial Franco Limosa, con pendiente menor a 1%. Se obtiene un valor de  $K = 0,43$  para un contenido orgánico de 4%.

En la UG5, región que pertenece a la Provincia de Córdoba (zona Marcos Juárez), predomina un suelo con buen drenaje y buena retención de humedad. Es de textura superficial franca y sub-superficial Franca, con pendiente menor a 1%. Se obtiene un valor de  $K = 0,43$  para un contenido orgánico de 4%.

En la UG6, región que pertenece a la Provincia de Santa Fe, predomina un suelo con drenaje deficiente y baja permeabilidad. Es de textura superficial franco limosa y sub-superficial Franco Limosa, con pendiente menor a 1%. Se obtiene un valor de  $K = 0,43$  para un contenido orgánico de 4%.

En la UG7, región que pertenece a la Provincia de Córdoba, predomina un suelo con baja retención de humedad. Es de textura superficial franco limosa y sub-superficial Franca, con pendiente menor a 1%. Se obtiene un valor de  $K = 0,43$  para un contenido orgánico de 4%.

En la UG8, región que pertenece a la Provincia de Santa Fe, predomina un suelo con erosión hídrica elevada y permeabilidad moderada (presencia del Río Carcarañá). Es de textura superficial franco limosa y sub-superficial Arcillo Limosa, con pendiente menor a 1%. Se obtiene un valor de  $K = 0,34$  para un contenido orgánico de 3-4%.

En la UG9, región que pertenece a la Provincia de Santa Fe, predomina un suelo con drenaje moderado y buena retención de humedad. Es de textura superficial franco limosa y sub-superficial Franco Limosa, con pendiente menor a 1%. Se obtiene un valor de  $K = 0,43$  para un contenido orgánico de 4%.

En la UG10, región que pertenece a la Provincia de Córdoba conocida como Pampa Arenosa Plana, predomina un suelo con buen drenaje y buena retención de humedad. Es de textura superficial franco arenosa y sub-superficial Franca, con pendiente menor a 1%. Se obtiene un valor de  $K = 0,25$  para un contenido orgánico de 4%.

En la UG11, región que pertenece a la Provincia de Santa Fe, predomina un suelo con drenaje moderado y baja retención de humedad. Es de textura superficial franco limosa y sub-superficial Franco Limosa, con pendiente menor a 1%. Se obtiene un valor de  $K = 0,43$  para un contenido orgánico de 4%.

En la UG12, región que pertenece a la Provincia de Santa Fe, predomina un suelo con drenaje moderado y baja retención de humedad. Es de textura superficial franco limosa y sub-superficial Arcillo Limosa, con pendiente menor a 1%. Se obtiene un valor de  $K = 0,34$  para un contenido orgánico de 4%.

#### *4.2.3 Determinación del factor topográfico LS*

Este factor topográfico establece el aporte que hace el relieve a la erosión hídrica.

La ecuación utilizada (Wischmeyer y Smith, modificada por FAO) es la siguiente:

$$LS = (L / 22,1)m * (0,065 * 0, 04536 * P + 0,0065 * P^2) \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

L: longitud de la pendiente en metros

P: pendiente en %

m: exponente que varía con la pendiente de la siguiente manera:

Para pendientes hasta 0,5%, m = 0,2

Para pendientes entre 1% y 3%, m = 0,3

Para pendientes ente 4% y 5%, m = 0,4

Para pendientes mayores a 5%, m = 0,5

Los valores de L (longitud de la pendiente) se consideran para cada parcela con un valor 100 m.

El ángulo de la pendiente se estima por observación directa de los cortes. En nuestro caso, cada parcela tiene similar superficie respecto de las otras, con pendientes muy similares y siempre menor a 0,5% hacia el este (más pronunciada) y hacia el sur (menos pronunciada), por lo que el valor de m se establece en nuestro caso siempre m = 0,2. De este modo, para cada parcela, considerando un valor de P = 0,5%, el valor de LS = 0,11

Las pendientes se determinan por medio de perfiles de corte de Google Heart, tal como se muestra a continuación en la Figura 4:

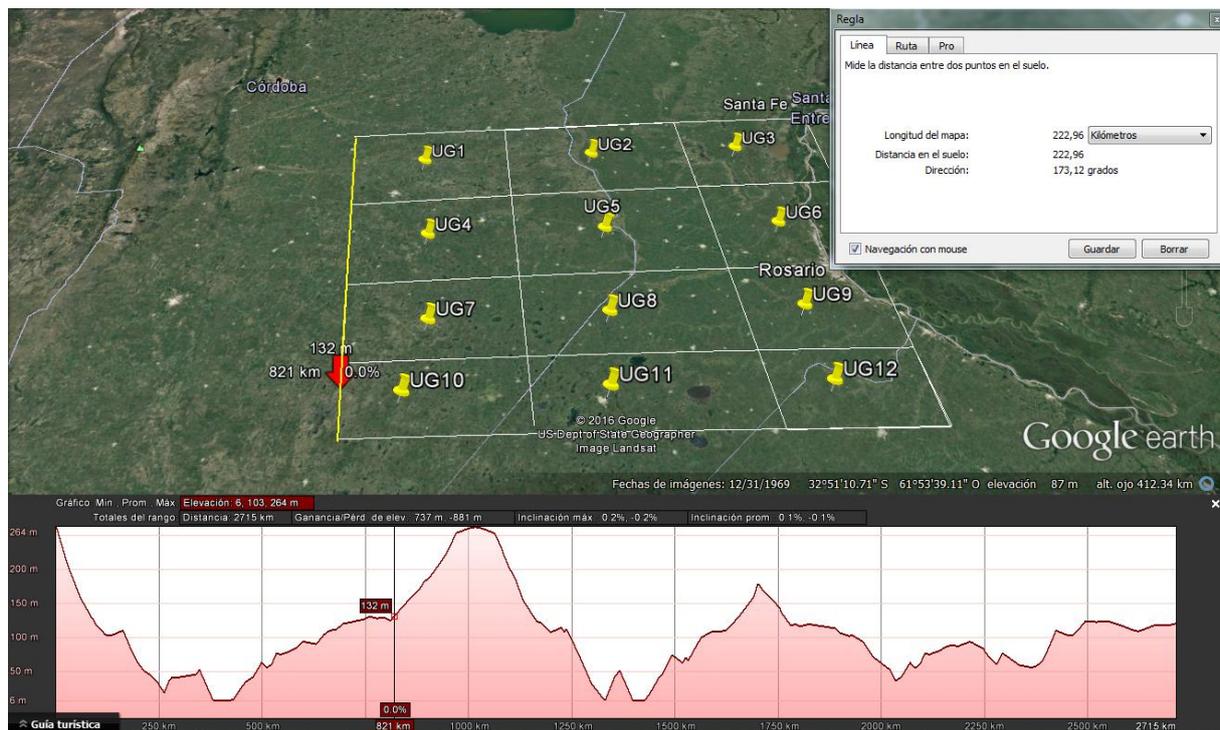


Figura 4: Perfiles de Nivel de Parcelas y perímetro de zona de estudio.

#### 4.2.4 Factor de manejo de cosechas (C)

Los términos R, K, y LS establecen la influencia de los factores físicos del lugar de análisis, poco modificable por el hombre.

Los valores de C (adimensional) dependen del manejo que cada productor haga de su campo.

Los valores de C para diferentes manejos se indican en la Tabla 5:

Tabla 5: Valores de C para diferentes cultivos, rotaciones y sistemas de labranza

a. Cultivo - Secuencia	Sistema de Labranza	
	Convencional	Siembra directa
Barbecho desnudo	1	-
Trigo – Soja	-	0.11
Trigo – Soja 2°	0.15	0.09
Soja 1° - Trigo 2°	0.49	0.07
Soja – Maíz	0.34	0.10
Soja – Soja	0.55	0.15
Girasol – Girasol	0.40	0.10
Maní	0.55	-
Campo natural	0.02	-

Fuente: INTA

Se considera para nuestro caso de estudio un tipo de siembra directa, que está ampliamente desarrollado como resultado de la difusión de sistemas de labranza conservacionistas para contrarrestar la erosión del suelo, aumentar la retención de agua, disminuir la erosión hídrica y aumentar la capacidad de retención de nutrientes orgánico como el carbono y minerales como fosforo, nitrógeno y potasio.

Se analiza a continuación cada parcela denominada UG1 a UG12:

UG1, el entorno es entre la Pampa Húmeda y el Chaco Austral en donde se encuentran parques de algarrobo blanco, algarrobo negro, chañar y mistol; aunque en la actualidad gran parte de la zona ha sido desmontada para el cultivo de soja. Hacia el este de la UG1, es decir hacia la localidad de Oliva, la actividad agropecuaria, fundamentalmente la referida al cultivo de cereales y oleaginosas, soja, trigo, maní, maíz, sorgo y girasol, entre otras.

UG2, el cultivo principal es la soja, con records en las últimas cosechas, sobre todo cercano la localidad de San Jorge, Santa Fe.

UG3, suelo con aptitud agrícola-ganadera (85%) para suministrar altos rendimientos de todos los cultivos agrícolas cuando se los rota con ganadería. Tienen un elevado contenido de limo que origina deficiente estructura cuando son muy trabajados al bajar el contenido de materia orgánica, limitación que no se encuentra en aquellos suelos donde se efectúa un manejo adecuado, tanto de la labranza como de los rastrojos. Un sector muy pequeño de estos suelos tiene un elevado contenido de arcilla, lo que provoca una lenta permeabilidad y una menor economía de agua. La soja es uno de los principales cultivos de región.

UG4: la economía se basa en los sectores primario y secundario, es decir en los cultivos (soja, trigo, girasol, maíz).

UG5: los tres cultivos más importantes son el trigo, soja y maíz, pero también hay posibilidades de otras coberturas como alfalfa, pasturas naturales y/o implantadas, sorgo y girasol.

UG6: el maíz es el principal producto de la economía agrícola.

UG7: la actividad agrícola, es especial la producción de soja, maíz y trigo en orden de importancia.

UG8: predominan los cultivos de soja 1 °, 2 °, trigo y maíz.

UG9: predomina el cultivo de soja.

UG10 los cultivos de soja son la principal característica. Es notable el efecto de erosión hídrica, con campos anegados parcialmente.

UG11, en las proximidades de la localidad de Venado Tuerto, los cultivos principales son trigo, soja y maíz.

UG12, la principal actividad agrícola es el cultivo de soja y maíz.

Tabla 6: Factores C para cada UG

	UG1	UG2	UG3	UG4	UG5	UG6	UG7	UG8	UG9	UG10	UG11	UG12
C	0.11	0.15	0.11	0.10	0.11	0.10	0.10	0.07	0.10	0.10	0.10	0.10

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.5 Factor de control de erosión P

Los valores de P (adimensional) dependen del manejo que cada productor haga de su campo.

Es común para la zona de las UG4, UG5, UG7 y UG8 que se apliquen practicas conservacionistas (60-70%) y aquellas que no aplican practicas conservacionistas se toma un valor de P = 1 (Aapresid, 2004)

La práctica conservacionista comúnmente aplicada es el cultivo en franjas, que para pendientes muy bajas como es nuestro caso de análisis presenta un valor de P = 0,3.

Tabla 7: Factores P para cada UG

	UG1	UG2	UG3	UG4	UG5	UG6	UG7	UG8	UG9	UG10	UG11	UG12
P	1	1	1	0.3	0.3	1	0.3	0.3	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

### 4.3 Determinación de la pérdida de suelo

El valor de A expresado en Tn/ha/año se determina a continuación utilizando los valores hallados y mediante la aplicación de INTA-Paraná.

Considerando los valores obtenidos anteriormente, para cada UG se obtiene los siguientes valores A:

Tabla 8: Valores de A para cada UG.

	UG1	UG2	UG3	UG4	UG5	UG6	UG7	UG8	UG9	UG10	UG11	UG12
A	2.70	3.68	2.64	0.73	0.73	2.45	0.73	0.40	2.45	1.43	2.45	1.94

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4 Aplicación INTA – Paraná / USLE

Si se tiene en cuenta la aplicación de INTA Paraná <http://geointa.inta.gov.ar/web/>[1] para el cálculo de Perdidas de Suelo por el método USLE, para la zona de referencia de Marcos Juárez como referente, para siembra directa (Factor C) y siembra sin terrazas (P) se obtiene un valor de  $A = 1,8$

<b>Factor R:</b>	520	
<b>Factor K:</b>	0.46	
<b>Factor LS:</b>	0.12	
<b>Factor P:</b>	1	
<b>Tolerancia en Tn/Ha:</b>		
<b>Rotación:</b>	Soja - Maíz o Soja - Sorgo (en rotación)	
<b>Factor C:</b>	0.061	<b>Adimensional</b>
<b>Erosión anual est.:</b>	1.8	<b>Tn/ha/año</b>
<b>Espaciamiento:</b>		<b>mts.</b>

Figura 5: Cálculo de A mediante aplicación INTA – Paraná

### 5. Conclusiones

Las regiones UG1, UG2, UG3, UG6, UG9, UG10, UG11 y UG12, son las más afectadas, mientras que el resto, es decir las UG4, UG5, UG7 y UG8 las menos afectadas. Se debe tener en cuenta que el rendimiento de maíz es el más sensible y afectado por la erosión hídrica y se encuentra presente en casi todas las regiones analizadas más afectadas. A contrapartida, el trigo es el menos sensible y se ve afectado por la región 11 principalmente con un alto valor de A.

De acuerdo a los resultados obtenidos con las ecuaciones productivas, se refleja un grado de erosión del suelo en la zona analizada, para las condiciones indicadas, por lo cual surge la necesidad de plantear medidas que permitan modificar la situación actual y la potencial pérdida de suelo por erosión hídrica, para que no se vean afectados los rendimientos de productores. Si bien las causas de la pérdida de suelo obedecen a cuestiones naturales y antrópicas, el uso de estos resultados indica que se debería tomar acciones dirigidas sobre los factores que dependen del accionar humano.

Si bien estas ecuaciones pueden ser utilizadas para estimar la pérdida del suelo por erosión hídrica, las mismas deben ser actualizadas debido a la constante incorporación de tecnología que realizan los productores de esta región pampeana.

Por otro lado es también necesario disponer de datos de monitoreo actualizados del suelo de cada región donde se apliquen este tipo de ecuaciones, más aún con la incorporación de tecnologías satelitales.

### 6. Referencias

[1] Visor Geointa: <http://geointa.inta.gov.ar/web/>

*EROSIÓN HÍDRICA EN EL CENTRO DE LA REPUBLICA ARGENTINA APLICANDO LA  
ECUACION UNIVERSAL DE PÉRDIDA DE SUELO Y EL METODO DE DEGIOVANNI*

- [2] Erosión Hídrica USLE: <http://inta.gob.ar/documentos/erosion-hidrica-usle-argentina-herramienta-para-calculiar-perdida-de-suelo>
- [3] Erosión Hídrica: Principios y técnicas de manejo, Universidad Nacional de Río Cuarto, Facultad de Agronomía y Veterinaria
- [4] INTA EEA Marcos Juárez.