

Estimación de la erosión actual y potencial de suelos destinados a actividades hortícolas en el periurbano de Mar del Plata

Laura Zulaica, Patricia Vazquez y Daiana Daga

Introducción

La pérdida de suelos por erosión es uno de los principales problemas ambientales de las regiones en las que se llevan a cabo actividades agrícolas, como sucede en la región pampeana. Entre estas actividades, las hortícolas asocian usos intensivos del recurso suelo que pueden comprometer la sustentabilidad en el mediano y largo plazo. La pérdida de nutrientes y de la estructura del suelo, son algunas de las consecuencias derivadas de la erosión que pueden limitar usos futuros afectando la provisión de servicios ecosistémicos (MEA, 2003).

En la región pampeana, la producción hortícola se ha intensificado y especializado sin considerar las potencialidades y limitaciones del recurso que la sustenta. Como señala Dogliotti, Van Ittersum y Rossing (2005), una de las principales consecuencias de esta estrategia es el deterioro de la fertilidad (física, biológica y química) del suelo, que demanda cada vez mayor cantidad de insumos para mantener y aumentar los rendimientos.

Los problemas mencionados anteriormente alcanzan menor o mayor intensidad dependiendo de la modalidad de desarrollo de las actividades hortícolas y de la aptitud de los *paisajes* sobre los que se realizan. En este sentido, Burel y Baudry (2002) definen al *paisaje* como un nivel de organización de los sistemas ecológicos superior al ecosistema que se caracteriza esencialmente por su heterogeneidad y por su dinámica, controlada en gran parte por las actividades humanas.

En el partido de General Pueyrredon y especialmente en su periurbano, las actividades hortícolas poseen gran relevancia ya que sustentan la provisión de hortalizas de la ciudad y la región. Desde el punto de vista económico, dichas actividades contribuyen de manera significativa al Producto Bruto Geográfico local. El valor agregado de la fruti-horticultura local (quintas, papa, frutas y flores) para el año 2010 representaba el 77% del valor agregado por la agricultura del partido; el resto correspondía a cereales y oleaginosas (INTA, 2015). De ahí su importancia para estimar la erosión actual y potencial de los suelos productivos que comprometen la sustentabilidad ecológica¹ y también social del territorio periurbano y la provisión de servicios ecosistémicos asociados con la producción de alimentos.

El Cinturón Hortícola del Partido de General Pueyrredon se localiza en una franja de 25 km que bordea a la ciudad de Mar del Plata principalmente en torno a las Rutas Nacional N° 226 y Ruta Provincial 88, formando parte de su periurbano. Al interior del periurbano marplatense definido en estudios antecedentes (Ferraro, Zulaica y Echechuri, 2013; Zulaica y Ferraro, 2013), la horticultura se extiende fundamentalmente en áreas próximas a las localidades de Batán y Sierra de los Padres y se destaca en asentamientos tales como La

¹ La sustentabilidad ecológica es aquella que contribuye a mantener las características ecosistémicas que permiten el desarrollo de la vida y la base material de las demandas sociales y económicas.

Gloria de la Peregrina, Santa Paula y Colinas Verdes, entre otros.

En este contexto, el objetivo del presente trabajo es estimar la erosión actual y potencial de los suelos destinados a actividades hortícolas en el periurbano de Mar del Plata, identificando sus posibles consecuencias ambientales.

Para ello, se parte de la base de que la susceptibilidad a la erosión hídrica de los suelos difiere dependiendo de las características de los paisajes en los cuales se llevan a cabo las actividades hortícolas. Por este motivo, previo al objetivo propuesto se considera necesario por un lado, analizar la actividad en el partido y sus principales transformaciones y por el otro, definir y caracterizar las principales unidades de paisaje sobre las que se realiza la actividad.

Metodología

La metodología propuesta para este trabajo incluye tres apartados generales. En primer lugar, se caracteriza la horticultura en el área de estudio y sus principales transformaciones. Posteriormente, se definen las unidades de paisaje dentro del periurbano de Mar del Plata sobre las que se realizan actividades hortícolas. Por último, se estima la erosión actual y potencial de los suelos, destacando algunos de los impactos más relevantes del proceso.

En función de lo anterior, se recurrió a estudios antecedentes realizados en el área. Para el análisis de las transformaciones derivadas de la actividad, se partió fundamentalmente de trabajos previos (Zulaica, Ferraro y Vazquez, 2012; 2013) en los que estimó sobre imágenes Landsat 5, sensor TM, la superficie hortícola al aire libre y bajo cubierta para el periurbano de Mar del Plata en distintos momentos (1989, 1999 y 2009). Luego, se utilizó el estudio de Daga, Zulaica y Vazquez (2017) quienes digitalizaron las áreas hortícolas bajo cubierta y a campo del área sobre la imagen satelital Landsat 8, sensor OLI, del año 2015. Las imágenes fueron procesadas utilizando el software ENVI 5.1 siguiendo el procedimiento indicado en otros estudios realizados en la región (Vazquez, Zulaica y Requesens, 2016).

Posteriormente se definieron y ajustaron unidades de paisaje, partiendo del concepto adoptado por la *Ecología del Paisaje*, cuya aplicación permite delimitar, identificar y caracterizar unidades que presentan cierta homogeneidad interna en la escala de análisis adoptada (1:100.000). Ello requiere interpretar los resultados de investigaciones previas (Del Río, Massone y Cionchi, 1995; Ferraro y Zulaica, 2011) e integrarlos considerando el concepto de *paisaje*.

Dichas unidades se definieron tomando como base cartográfica las cartas topográficas del Instituto Geográfico Militar (actual Instituto Geográfico Nacional, IGN) y los límites de las unidades geomorfológicas definidas en la Carta Ambiental del Partido de General Pueyrredon. Se caracterizaron e integraron los atributos bióticos y abióticos: geomorfológicos, edáficos, condiciones de drenaje y profundidad del agua subterránea y cobertura vegetal dominante. La nomenclatura otorgada a las unidades parte del nombre de la geomorfología del partido caracterizada en la Carta Ambiental y ajustada por Ferraro y Zulaica (2011).

Una vez definidas las unidades se identificaron las series de suelos dominantes en cada una para poder estimar la erosión actual y potencial. Se recurrió para ello a las cartas de suelos, escala 1:50.000 del INTA (1970), disponibles en la página de geoINTA².

La delimitación de las áreas hortícolas sobre los suelos predominantes en las unida-

² Recuperado de <http://visor.geointa.inta.gob.ar/>

des de paisajes permitió aplicar la Ecuación Universal de Predicción de Erosión Hídrica (USLE) establecida por Wischmeier y Smith (1978):

$$A = R.K.L.S.C.P$$

Donde:

A: Pérdida de suelo actual ($t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$)

R: Erosividad de las lluvias ($hJ \text{ cm}/m^2 h$)

K: Susceptibilidad del suelo a la erosión hídrica ($t \text{ m}^2 h/ha \text{ hJ cm}$)

L S: Factor topográfico (adimensional)

L: longitud de la pendiente(m)

S: pendiente (%)

A los factores L y S se los denomina factor topográfico (LS) y se los estima conjuntamente

C: Factor cultivo o cobertura (adimensional)

P: factor práctica conservacionista(adimensional)

El producto de estos seis factores estima la erosión hídrica actual (A) para una situación determinada de clima, suelo, relieve, cultivo y manejo. La Erosión Potencial (EP) se obtiene a partir del producto de R, K y LS y se la define como la máxima posible para un sitio determinado, es decir, considerando un suelo desnudo durante todo el año.

A fin de estimar la erosión con la ecuación mencionada, se utilizó la aplicación web de Gvozdenovich, Barbagelata y López (2015) del INTA, que permite realizar cálculos de pérdidas de suelo según la información disponible en cada caso. Para ello se utilizaron especialmente los datos de las series de suelo predominantes en cada unidad de paisaje considerando la proporción que ocupa cada una de ellas en la superficie total. Por último, se analizaron los resultados obtenidos y se evaluó de manera preliminar la problemática de erosión actual y potencial en el área.

La actividad hortícola en el periurbano marplatense

La horticultura comienza a desarrollarse como una actividad de supervivencia durante la década de 1950 de la mano de inmigrantes de ultramar. Son ellos quienes organizan y consolidan con criollos el circuito económico de dicho trabajo a partir de la fundación de la Cooperativa Frutihortícola del Partido de General Pueyrredon (Burmester, 2004). En la actualidad se destaca una fuerte “andinización” en las prácticas laborales y también empresariales, llevadas a cabo fundamentalmente por la comunidad boliviana, como ocurre en otras áreas de la provincia de Buenos Aires y de Argentina (Barsky, 2008; Benencia, 2009).

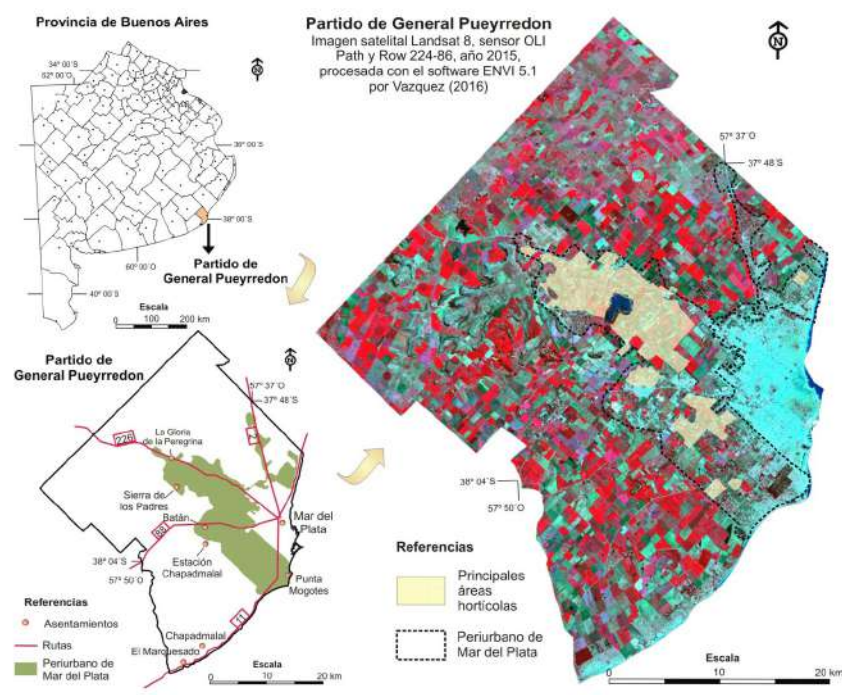
Esta actividad manifiesta importantes transformaciones socioproductivas en el periurbano marplatense desde sus comienzos, marcadas por los distintos modelos de acumulación económica, implementados a nivel nacional y con sus respuestas a nivel local. Burmester (2004), analiza la evolución del sector productivo en función de las transformaciones culturales asociadas con la agricultura intensiva en distintos momentos históricos: bajo el modelo de sustitución de importaciones, desarrollista y posteriormente aperturista hasta hoy. A su vez, Bocero (2002) establece una diferenciación de períodos en la horticultura marplatense considerando tres etapas: conformación (entre las décadas de 1950 y 1960), consolidación (entre 1970 y 1980) y etapa de intensificación, que comienza a partir de la década de 1990. En esta última etapa, Carrozzi y Viteri (2002), destacan los cambios tecnológicos más importantes en la actividad hortícola a los invernáculos, el riego por goteo (fer-

tirrigación), producción de plántulas de buena calidad y utilización de materiales genéticos resistentes a enfermedades. Luego del 2000, el modelo de intensificación se profundiza, se incrementa significativamente la superficie bajo cubierta y se destaca la especialización productiva en determinados cultivos como es el caso de la frutilla y en menor medida del kiwi. Además de las tareas de producción se verifica la incorporación de productores “andinos” a los circuitos de comercialización y distribución (Zulaica et al., 2016).

Las condiciones agroecológicas han permitido y permiten el cultivo de una amplia gama de frutas y hortalizas cuya producción se realiza a campo y en un porcentaje cada vez más alto, bajo invernáculos. De acuerdo con datos aportados por el INTA (2015), la superficie destinada a la producción hortícola en 2015 es de 9.650 ha a campo y 690 ha bajo cubierta con una producción total de 246.000 y 57.000 toneladas respectivamente; el 80% de los productores trabaja una superficie menor a 15 ha y en forma global la actividad requiere de 3.850.000 jornales, lo que implica unas 13.000 personas involucradas directamente en la producción. Las estimaciones realizadas entre 2014 y 2015 por el INTA, destacan que los principales cultivos realizados a campo son: choclo (2.000 ha), lechuga (1.600 ha), zanahoria (1.100 ha) y bajo cubierta tomate, pimiento y lechuga o espinaca en invierno. La Figura 1 muestra la distribución de las áreas hortícolas en el periurbano marplatense sobre una imagen de satélite Landsat 8, sensor OLI.

Desde el año 2005 (GPBA, 2005) hasta la actualidad se evidencia un incremento de los sistemas de cultivo bajo cubierta en un 233,67% y de los cultivos a campo en un 178,44%. Cuando se analizan estudios previos realizados en el área sobre imágenes de satélite (Zulaica et al., 2012; 2013), se verifica que la superficie destinada a la actividad sufre un incremento de manera considerable desde el año 1989. En este sentido, la superficie a campo aumentó entre 1989 y 2015 un 85,24%, y la superficie bajo cubierta un 6.340%, siendo más intenso ese crecimiento entre 1989 y 1999.

Figura 1. Periurbano de Mar del Plata: distribución de áreas hortícolas



Fuente: elaboración personal con base en Zulaica et al. (2012; 2013; 2016) y Daga et al. (2017)

Unidades de paisaje

Las actividades hortícolas se llevan a cabo en ecosistemas con características diferenciadas dentro del periurbano, que pueden interpretarse en términos de paisaje.

Si se parte de la base de que el paisaje representa un sector del espacio donde existe un cierto nivel de organización del conjunto de componentes específicos del ambiente geobiofísico local, es necesario analizar las interrelaciones entre ellos (Ferraro y Zulaica, 2011) a la hora de definir unidades con cierto grado de homogeneidad. En este sentido, el concepto de paisaje, sostiene que éste representa una convergencia de atributos, interacciones y dinámicas específicas de un área que definen expresiones visibles cuya interpretación requiere de un abordaje sistémico (Tricart, 1977; Zonneveld, 1989; Forman, 1995; Farina, 1998; Naveh y Lieberman, 2001).

La importancia de identificar las unidades de paisaje radica en que las mismas (que pueden interpretarse en términos de sistema), representan una fuente de recursos naturales que condicionan el desarrollo de las distintas actividades humanas y su sustentabilidad ecológica depende del tipo e intensidad de las intervenciones y del grado de vulnerabilidad de las unidades.

Estudios previos identificaron seis paisajes (Figura 2) en el periurbano de Mar del Plata, siendo que en tres de ellos se desarrollan las actividades hortícolas. Dichos paisajes pueden denominarse de la siguiente manera: paisaje periserrano y de llanuras onduladas, paisaje de llanuras onduladas y suavemente onduladas y paisaje de llanuras planas.

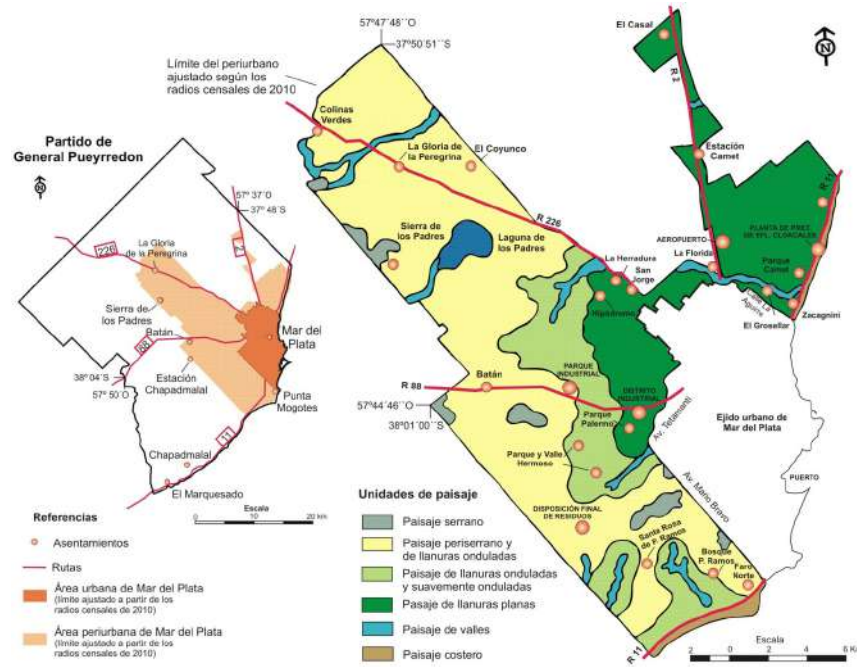
El paisaje periserrano y de llanuras onduladas, posee pendientes que oscilan entre el 1% y 5% y se caracteriza por la presencia de sedimentos y sedimentitas de baja consolidación, de textura limo-arenosa, limo-arcillosa y, en algunos sectores, arenas medianas a finas. Posee buenas condiciones de drenaje superficial e interno hallándose el primer nivel de agua subterránea entre los 5 y 20 metros. El paisaje de llanuras onduladas y suavemente onduladas, presenta pendientes con escaso gradiente entre el 1 y 3%, a veces cortadas profundamente por los valles de los cursos de agua; los sedimentos se depositaron entre 18.000 y 10.000 años antes del presente, cubriendo antiguas divisorias y obliterando los valles preexistentes. Presenta buenas condiciones de drenaje superficial e interno y la profundidad del primer nivel de agua subterránea se halla entre los 5 y 20 metros. En ambos paisajes, los subgrupos de suelos dominantes corresponden a los *argiudoles típicos*. La vegetación natural ha sido completamente sustituida y se califica como de baja importancia ecológica.

El paisaje de llanuras planas, conforma una planicie eólica retrabajada por un sistema fluvial mal integrado al que se asocian depresiones anegadizas (bajos y bañados). Presenta una escasa pendiente con divisorias extendidas de escasa expresión topográfica y muy suave pendiente (en general inferior al 1%). Presenta bajo potencial de escurrimiento superficial, lento drenaje interno y la profundidad del primer nivel de agua subterránea se halla entre los 0 y 10 metros. Los suelos dominantes también son *argiudoles típicos*, aunque asociados con otros que pueden presentar excesos hídricos y por lo tanto deficiencias en el drenaje superficial e interno (*hapludoles tauto-árgicos* y *argialboles típicos*). La vegetación natural se conserva en distintos sectores del paisaje en diferentes niveles de degradación y se la considera de moderada importancia ecológica.

La mayor parte de las áreas hortícolas se extiende sobre la serie de suelos denominada Mar del Plata, MP (INTA, 1970), que predomina fundamentalmente en la unidad de paisaje denominada paisaje de llanuras onduladas y suavemente onduladas. En segundo

lugar, la serie ocupa casi la totalidad de paisaje periserrano y de llanuras onduladas sobre el que se presenta además la serie Tandil (Ta). Finalmente, y ocupando la menor superficie, se realizan actividades hortícolas en el paisaje de llanuras planas, en el que predominan las series Mar del Plata, Maipú (Mpu) y ocasionalmente Los Pinos (LP). Los datos físicos y químicos de los perfiles, junto con las características de la región y las prácticas realizadas permitirán estimar la erosión en las áreas hortícolas.

Figura 2. Periurbano de Mar del Plata: unidades de paisaje



Fuente: elaboración personal con base en Ferraro y Zulaica (2011)

Erosión actual y potencial de suelos dedicados a horticultura

Los paisajes descriptos presentan diferentes grados de susceptibilidad a la erosión hídrica, problema que puede acentuarse o no de acuerdo con los usos que tengan lugar en el territorio y con las prácticas de manejo empleadas. La erosión hídrica ocurre principalmente cuando el flujo superficial transporta partículas del suelo desprendidas por el impacto de las gotas de lluvia o la escorrentía superficial. Es un problema ambiental en la medida que con la erosión se pierden nutrientes, materia orgánica, capacidad de retención de humedad y profundidad edáfica. A su vez, todo lo mencionado incide significativamente en la productividad y con ello en los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento de alimentos que brindan los suelos.

De acuerdo con la FAO (2016), el análisis de la relación erosión del suelo-productividad en el mundo sugiere que una pérdida media mundial de 0,3% del rendimiento anual de los cultivos ocurre debido a la erosión. El informe señala además que si esta tasa de pérdida continúa sin cambios en el futuro, una reducción total del 10% del rendimiento potencial anual podría ocurrir para el año 2050. Esta pérdida de rendimiento debido a la erosión podría ser equivalente a la eliminación de 150 millones de ha de producción de cultivos o 4,5 millones de ha/año.

Las pérdidas de suelo ocasionan una disminución de su potencial biológico y productivo incrementando el empobrecimiento y fragilización de los geosistemas (López Bermúdez y Romero Díaz, 1998), que en este caso constituyen las unidades de paisaje.

La estimación de la erosión actual (A) y potencial (EP) implica el conocimiento de cada uno de los factores que componen la ecuación. En función de ello, la erosión se calculó para cada unidad de paisaje contemplando las series predominantes en cada caso y la superficie que ocupan respecto del total.

El factor R refiere a la erosividad de la lluvia. Este dato se obtuvo considerando el dominio edáfico que caracteriza el área (dominio 13) según la definición realizada por SAGyP-INTA (1989) y los datos publicados en el “Manual de sistematización de tierras para control de erosión hídrica y aguas superficiales excedentes” de la EEA-INTA Paraná. (Scota y Ots, 1989) El valor de erosividad correspondiente al dominio se obtuvo a partir del promedio ponderado de los valores de las isolíneas de R que están presentes en el área que ocupa el respectivo dominio. En este caso, la erosividad asciende a 318 hJ cm/m² hy se considera semejante para los suelos que integran las tres unidades de paisaje definidas anteriormente.

Para estimar el valor de susceptibilidad de los suelos a la erosión hídrica, o erodabilidad, es necesario contar con información edáfica específica de los perfiles de suelos (Tabla 1). La aplicación de la ecuación correspondiente a este factor permitió obtener el valor K para cada una de las series de suelos que integran las unidades de paisaje.

El factor topográfico LS establece el aporte que hace el relieve a la erosión hídrica. Los datos de longitud y gradiente se estimaron en función de los suelos dominantes en cada unidad, obteniéndose los resultados expresados en la Tabla 2, en función de la aplicación de la ecuación correspondiente.

Tabla 1. Unidades de paisaje: susceptibilidad de los suelos a erosión hídrica (factor K)

Unidad	Serie	MO (%)	Limo +arena muy fina (%)	Grado de Estructura	Permeabilidad (cm/hora)	Arcilla (%)	K (hJ cm/m ² h)
Paisaje de ambientes periserranos y llanuras onduladas	MP	6,94	75,2	2 (granular fina)	3 (moderada: 2 a 6,25)	23,1	0,267
	Ta	6,74	70,0	3 (granular)	3 (moderada: 2 a 6,25)	29,4	0,274
Paisaje de llanuras onduladas y suavemente onduladas	MP	6,94	75,2	2 (granular fina)	3 (moderada: 2 a 6,25)	23,1	0,267
	MP	6,94	75,2	2 (granular fina)	3 (moderada: 2 a 6,25)	23,1	0,267
Paisaje de llanuras planas	Mpu	7,39	67,2	3 (granular)	4 (moderadamente lenta: 0,5 a 2)	29,1	0,269
	LP	5,18	76,1	2 (granular fina)	5 (lenta: 0,125 a 0,5)	22,5	0,433

Fuente: elaboración personal con base en ecuaciones propuestas por Wischmeier y Smith (1978) y la aplicación web de Gvozdénovich et al. (2015).

Tabla 2. Unidades de paisaje: Longitud de las pendientes y gradiente (factor LS)

Unidad de paisaje	Serie	Longitud de la pendiente(m)	Pendiente (%)	LS
Paisaje de ambientes periserranos y llanuras onduladas	MP	200	1,5	0,30
	Ta	200	3,0	0,70
Paisaje de llanuras onduladas y suavemente onduladas	MP	200	1,5	0,30
	MP	200	1,5	0,30
Paisaje de llanuras planas	Mpu	200	0,75	0,14
	LP	200	0,50	0,10
	LP	200	0,50	0,10

Fuente: elaboración personal con base en ecuaciones propuestas por Wischmeier y Smith (1978) y la aplicación web de Gvozdenovich et al. (2015)

Los valores de los factores cultivo o cobertura (C) y prácticas conservacionistas (P) dependen del manejo que cada productor realice en el establecimiento hortícola. En este caso, el valor C utilizado (0,31) corresponde a una secuencia de cultivos hortícolas, Horticultura Convencional, obtenido de un estudio realizado en Uruguay (Hill, Clérici, Mancassola y Sánchez, 2015), que es semejante al valor utilizado para monocultivos de grano grueso con labranza convencional. Dado que en la mayoría de los casos no se aplican prácticas conservacionistas, el valor P asciende a 1 en todos los casos.

El producto de todos los factores permitió calcular A para cada serie de suelos. El valor A de cada unidad se obtiene a partir de la sumatoria de los valores de cada serie multiplicados por la proporción que ocupa en la unidad.

La erosión potencial (Po) se calculó de la misma manera que A, pero a partir del producto de los factores R, K y LS, es decir, sin considerar C ni P.

La Tabla 3 muestra los valores de erosión actual y potencial de las unidades sobre las que se realizan actividades hortícolas.

Tabla 3. Unidades de paisaje: Estimación de la erosión actual (A) y potencial (EP)

Unidad	Serie	Proporción (%)	R	K	LS	C	P	A	EP
Paisaje de ambientes periserranos y llanuras onduladas	MP	90	318	0,267	0,3	0,31	1	7,9	25,47
	Ta	10	318	0,274	0,7	0,31	1	18,9	60,99
								9,00	29,02
Paisaje de llanuras onduladas y suavemente onduladas	MP	100	318	0,267	0,3	0,31	1	7,9	25,47
	MP	50	318	0,267	0,3	0,31	1	7,9	25,47
Paisaje de llanuras planas	Mpu	40	318	0,269	0,14	0,31	1	3,7	11,98
	LP	10	318	0,433	0,1	0,31	1	4,3	13,77
									5,86

Fuente: elaboración personal con base en ecuaciones propuestas por Wischmeier y Smith (1978) y la aplicación web de Gvozdenovich et al. (2015)

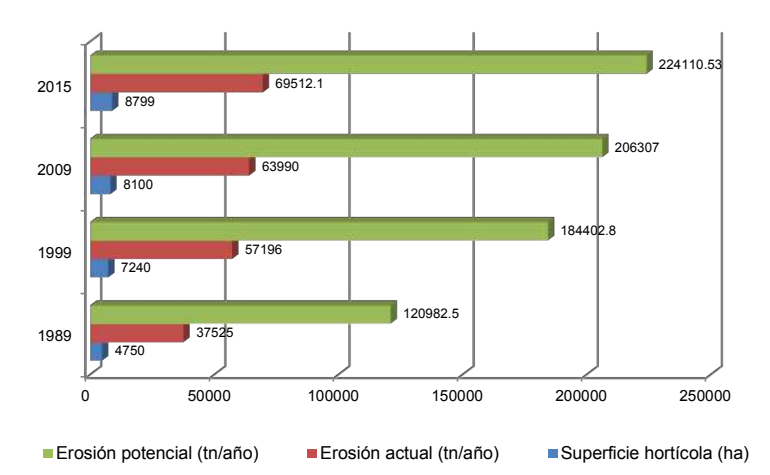
Cuando se comparan los datos de erosión actual en las tres unidades se verifica el valor máximo en el paisaje de ambientes periserranos y llanuras onduladas, con una pérdida promedio de 9 tn/ha/año, en segundo lugar se encuentra el paisaje de llanuras onduladas y suavemente onduladas (7,9 tn/ha/año) y finalmente el de llanuras planas (5,86 tn/ha/año).

Si se toma como promedio el valor de erosión del paisaje sobre la serie en la que poseen máxima extensión las actividades hortícolas al aire libre (serie MP), es posible calcular para 2015 un total de 69.512,1tn/año que se pierden del recurso. La estimación de la erosión hídrica en distintos cortes temporales indica que entre 1989 y 2015 (Figura 3), la pérdida de suelos hortícolas se habría incrementado un 85,2%.

Los resultados obtenidos en el cálculo de erosión potencial muestran un máximo de 29,02 tn/ha/año y un mínimo de 18,9 tn/ha/año. Al estimar un promedio de 25,47 tn/ha/año, la pérdida potencial de erosión de suelos para 2015 alcanzaría las 224.110,5 tn/año.

En este contexto, es importante tener en cuenta que la cubierta vegetal (factor C) brinda protección al suelo frente a la fuerza erosiva de las precipitaciones, controlando no solo la energía con la que llegan las gotas de lluvia a la superficie del suelo, sino la velocidad de la escorrentía superficial. Las estimaciones realizadas para cultivos hortícolas con algún tipo de rotación conservacionista (Hill et al., 2015) permitirían reducir de 7,9 tn/ha/año a valores comprendidos entre 2,5 y 5,5 tn/ha/año.

Figura 3. Estimación promedio de la evolución de la erosión en áreas hortícolas del periurbano de Mar del Plata



Fuente: elaboración personal

Por otra parte, las prácticas de conservación de suelos disminuyen las tasas de erosión de una parcela a partir de trabajos culturales o disponiendo la vegetación siguiendo curvas de nivel, en fajas o en terrazas para cortar las líneas de escorrentía. La influencia de la práctica de conservación consiste entonces en reducir la longitud del declive efectivo del escurrimiento, que modifica el valor P de la ecuación. La aplicación por ejemplo de siembra en contorno con labranza convencional implica una reducción del 50,6% en los valores de pérdida de suelo, cuyo promedio pasaría de un 7,9 tn/ha/año a un 3,9 tn/ha/año.

La aplicación conjunta de rotaciones conservacionistas y prácticas de cultivo en contorno reducen aún más los valores de erosión. En este sentido, se estiman valores comprendidos entre 1,4 tn/ha/año y 2,7 tn/ha/año de erosión actual, que implican una reducción del 82,3% y 65,8%, respecto de los calculados para la serie MP.

Los valores de pérdida de suelo fueron aplicados considerando establecimientos con

prácticas de manejo convencionales. De acuerdo con Marasas (2012), el tipo de producción convencional, se organiza para maximizar la ganancia, con una visión reduccionista y de corto plazo del sistema, con alta dependencia de insumos externos y pautas de manejo generales, priorizando productos con atributos visuales de calidad. Sin embargo, el área periurbana registra modelos de producción agroecológica o de transición agroecológica, que resultan más sustentables desde todo punto de vista no solo ecológico, sino también económico y social (Manzoni et al., 2015). Estos modelos asumen una mirada sistémica, implican grados de autonomía, disminución del riesgo, optimización en la utilización de los recursos locales y se caracterizan por la diversificación del sistema (Marasas, 2012).

Sin duda, en estos últimos modelos la pérdida de suelos por erosión resulta significativamente inferior a los estimados para los establecimientos que realizan prácticas convencionales.

Consideraciones finales

En un contexto de intensificación productiva, la contaminación de los alimentos y el ambiente y las pérdidas reales y potenciales de suelos como consecuencia de la erosión, sugieren que es relevante evaluar el grado de sustentabilidad de los sistemas hortícolas. En función de ello, el uso de indicadores adquiere cada vez mayor importancia para afrontar los retos en el abordaje de la sustentabilidad de agroecosistemas. Así, la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos aplicada a unidades de paisaje definidas para el periurbano productivo de Mar del Plata, constituye un indicador relevante para estimar la erosión en áreas en las que se desarrollan prácticas productivas intensivas como son las hortícolas.

La posibilidad de evaluar cuantitativamente las pérdidas de suelos en función de diferentes alternativas de uso y manejo, constituye una base fundamental para tomar decisiones tendientes a la sustentabilidad de la horticultura. Como sostiene Altieri (1997), alcanzar niveles de sustentabilidad adecuados permite mantener o mejorar la productividad, reducir riesgos e incertidumbre, aumentar los servicios ecológicos y socioeconómicos, proteger la base de recursos y prevenir la degradación de suelos, agua y biodiversidad, sin disminuir la viabilidad económica del sistema.

Los resultados obtenidos permiten afirmar que los sistemas hortícolas convencionales presentan altos niveles de erosión, especialmente en el paisaje de ambientes periserranos y llanuras onduladas. Sin embargo, las estimaciones realizadas ponen en evidencia que la incorporación de rotaciones y prácticas de manejo conservacionistas reducen significativamente la pérdida de suelos.

En relación con ello, la evaluación preliminar de la erosión y el conocimiento de sus implicancias ambientales, permitirá avanzar en el diagnóstico de la situación actual y definir estrategias de gestión acordes con los principios de sustentabilidad.

Por último, se enfatiza en la importancia de la evaluación integral de los sistemas hortícolas y en la necesidad de profundizar en la aplicación metodológica a partir de datos relevados en campo.

Referencias

- Altieri, M.A. (1997). *Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable*. La Habana: Consorcio Latino Americano sobre Agroecología y Desarrollo.

- Barsky, A. (2008). Bolivianización de la horticultura y los instrumentos de intervención territorial en el periurbano de Buenos Aires; Análisis de la experiencia de implementación de un programa de “buenas prácticas agropecuarias” en el Partido de Pilar. *X Coloquio Internacional de Geocrítica*. Universidad de Barcelona, Barcelona.
- Benencia, R. (2009). Inserción de bolivianos en el mercado de trabajo de la Argentina. *Congreso 2009 de la Asociación de Estudios Latinoamericanos LASA*. Río de Janeiro.
- Bocero, S. (2002). *Cultivos protegidos y problemas ambientales: un estudio de la horticultura marplatense en la década del noventa*. (Tesis de Maestría en Ciencias Sociales). FLACSO. UNMDP, Mar del Plata.
- Burel, F. y Baudry, J. (2002). *Ecología del Paisaje: conceptos, métodos y aplicaciones*. Editorial Mundi-Prensa, Madrid.
- Burmester, M. (2004). *Un estudio de caso: la problemática ambiental en la Cuenca Frutihortícola de la ciudad de Mar del Plata, Partido de General Pueyrredon*. (Tesis de Maestría en Gestión Ambiental del Desarrollo Urbano). CIAM, FAUD, UNMDP, Mar del Plata.
- Carrozzi, L. y Viteri, M.L. (2002). *Transformaciones en tecnología hortícola*. Mar del Plata, Argentina. Rev. FCA UNCuyo, tomo XXXIV(2), 81-85.
- Daga, D.; Zulaica, L. y Vazquez, P. (2017). Intensificación hortícola en la provincia de Buenos Aires, Argentina: el caso del partido de General Pueyrredon. *XVI Encuentro de Geógrafos de América Latina*. Instituto de Investigaciones Geográficas, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.
- Del Río, J.L.; Massone, H. y Cionchi, J. (1995). Mapa Geomorfológico. En J.L. del Río, M.J. Bó, J. Martínez Arca y M.V. Bernasconi (Coords.) *Carta Ambiental del Partido de General Pueyrredon* (pp. 33-40, tomo 1, Etapa de Inventario). UNMdP-Municipalidad de General Pueyrredon, Mar del Plata.
- Dogliotti, S.; Van Ittersum, M.K. y Rossing, W.A.H. (2005). Exploring options for sustainable development at farm scale: a case study for vegetable farms in South Uruguay. *Agricultural Systems*, 86, 29-51.
- FAO (2016). *Estado mundial del recurso suelo*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, Roma.
- Farina, A. (1998). *Principles and Methods in Landscapes Ecology*. Chapman & Hall, Great Britain.
- Ferraro, R. y Zulaica, L. (2011). Potencialidades y limitaciones ambientales en el área de interfase urbana-rural de la ciudad de Mar del Plata (provincia de Buenos Aires, Argentina): una contribución al ordenamiento territorial. *Revista Geográfica de América Central*. Universidad Nacional de Costa Rica, Número Especial EGAL, pp. 1-19.
- Ferraro, R.; Zulaica L. y Echechuri, H. (2013). Perspectivas de abordaje y caracterización del periurbano de Mar del Plata, Argentina. *Letras Verdes*, (13), 19-40.
- Forman, R. (1995). *Landscape Mosaic: the ecology of landscapes and regions*. Chapman and Hall. Cambridge University Press, USA.
- Gobierno de la Provincia de Buenos Aires (GPBA)(2005). *Censo Hortiflorícola de la Provincia de Buenos Aires*. La Plata: Ministerio de Economía – Ministerio de Asuntos Agrarios, Consejo Federal de Inversiones.
- Gvozdenovich, J.; Barbagelata, P. y López, G. (2015). *Erosión Hídrica*. USLE/RUSLE Argen-

- tina - INTA EEA Paraná. Software, Versión 2.0. Recuperado de <http://www.inta.gob.ar/parana>.
- Hill, M.; Clérici, C.; Mancassola, V. y Sánchez, G. (2015). Estimación de pérdidas de suelo por erosión hídrica en tres diferentes sistemas de manejo hortícola del sur de Uruguay. *Agrociencia Uruguay*, 19(1), 94-101.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (1970). *Carta de Suelos de Argentina*, Hoja 3957-2-2, Mar del Plata.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (2015). *Descripción de la producción en el Cinturón Hortícola de Mar del Plata*. Mar del Plata: Oficina de Información Técnica Mar del Plata.
- López Bermudez, F. y Romero Díaz, A. (1998). Erosión y desertificación: implicaciones ambientales y estrategias de investigación. *Papeles de Geografía*, (28), 77-89.
- Manzoni, M.; Zulaica, L.; Kemelmajer, Y.; Bisso, V.; Padovani, B.; Lempereur, C.; González, C. y Copello, S. (2015). Aportes metodológicos para la evaluación de la sustentabilidad en sistemas agrícolas hortícolas en el sureste de la pcia. de Buenos Aires. *V Congreso Latinoamericano de Agroecología*. SOCLA, La Plata.
- Marasas, M. (Comp.) (2012). *El camino de la transición agroecológica*. Ediciones INTA, Buenos Aires.
- MEA. Millennium Ecosystem Assessment (2003). *Ecosystems and Human Well-Being. A Framework for Assessment*. Island Press, Washington.
- Naveh, Z. y Lieberman, A. (2001). *Ecología de Paisajes*. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- SAGyP-INTA (1989). *Mapa de Suelos de la Provincia de Buenos Aires*. Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca. Instituto de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires.
- Scotta, E.S.; Nani, L.A.; Conde, A.; Rojas, A.C. de; Castañeira, H. y Papparotti, O.F. (1989). *Manual de sistematización de tierras para control de erosión hídrica y aguas superficiales excedentes*. INTA EEA Paraná. Serie Didáctica N° 17
- Tricart, J. (1977). *Ecodinámica*. IBGE-SUPREN. Río de Janeiro.
- Vazquez, P.; Zulaica, L. y Requesens, E. (2016). Análisis ambiental de los cambios en el uso de las tierras en el partido de Azul (Buenos Aires, Argentina). *Revista Agriscientia*, 33(1), 15-26. Córdoba.
- Wischmeier, W. y Smith, D. (1978). Predicting rainfall erosion losses, a guide to conservation planning. *Agricultural Handbook*, (537). Estados Unidos: USDA.
- Zonneveld, L.S. (1989). The Land Unit: a fundamental concept in landscape ecology and its applications. *Landscape Ecol*, 3, 67-86.
- Zulaica, L. y Ferraro, R. (2013). Lineamientos para el ordenamiento del periurbano de la ciudad de Mar del Plata (Argentina), a partir de la definición de sistemas territoriales. *Revista Geografia em Questão*, 6(1), 202-230.
- Zulaica, L.; Ferraro, R. y Vazquez, P. (2012). Transformaciones territoriales en el periurbano de Mar del Plata. *Revista Geograficando*, 8(8), 169-187.
- Zulaica, L.; Ferraro, R. y Vazquez, P. (2013). Transformaciones territoriales del periurbano

de la ciudad de Mar del Plata (Argentina), entre 1989-1999 y 1999-2009. *XIV Encuentro de Geógrafos de América Latina*. Lima.

Zulaica, L.; Manzoni, M.; Kemelmajer, Y.; Bisso, V.; Padovani, B.; Lempereur, C.; González, C. y Copello, S. (2016). *Evaluación de la sustentabilidad en sistemas hortícolas del sudeste bonaerense: aproximación metodológica en el periurbano de Mar del Plata*. Inédito.