

Evaluación de la peligrosidad de vientos locales en la deriva de productos químicos para planificación del uso del periurbano rural

Rural peri-urban land use planning: dangerousness of local winds for spray drift
Avaliação da periculosidade dos ventos locais na deriva de produtos químicos para planejar o uso do periurbano rural

COSTANZO, M.B.; BONEL, B.A.; DILEO, N.; MONTICO, S.

Facultad Ciencias Agrarias
 Universidad Nacional de Rosario.
 Zavalla Santa Fe - Argentina
martacostanzo@yahoo.com.ar

Resumen

El monitoreo de vientos locales contribuye a cuantificar el grado de exposición en áreas sensibles. Este artículo establece relaciones entre dirección y velocidad del viento con el objetivo de evaluar el riesgo de las actividades humanas en el periurbano de Zavalla. Se usaron registros de estaciones meteorológicas analizados mediante estadística descriptiva. Las frecuencias acumuladas de las direcciones N, E y S superaron el 70% la mayor parte del año. La velocidad del viento fue superior a 10 km.h⁻¹ en el 36% de las observaciones, en el 59% fue inferior y en el 5% Calmas. Las categorías de peligrosidad mensual, determinadas por la combinación de deciles de frecuencia, indican que los sectores periurbanos N y E presentaron mayor exposición, con deciles entre III y V para la dirección y entre 2 y 7 para intensidad de viento. Los periurbanos S y W presentaron menor exposición, con deciles entre I y III para dirección, y entre 1 y 4 para la intensidad. Utilizando la clase toxicológica de productos fitosanitarios, se determinaron áreas críticas. Parte de los resultados mostraron que entre noviembre y febrero la situación de mayor riesgo estuvo presente en el periurbano del sector N. En este caso, los productos presentan un grado de toxicidad II y el índice de peligrosidad del viento es V6 para diciembre y V5 para enero. La caracterización de la dirección y la velocidad del viento en relación con los diferentes usos de la tierra, proporciona herramientas para los responsables de la toma de decisiones.

Palabras clave: agricultura – uso de la tierra – riesgo

Summary

Monitoring local wind characteristics contributes to quantify the degree of agricultural chemicals drift exposure in sensitive areas. This paper establishes relationships between wind direction and speed in order to evaluate the risk of human activities in the peri-urban area of Zavalla city. Data obtained from records of local meteorological stations were analyzed through descriptive statistics. Cumulative frequencies of N, E and S wind directions exceeded 70% for most of the year. Wind speed was higher than 10 km.h⁻¹ in 36% of the observations, lower than 10 km.h⁻¹ in 59% of the observations, and calm in 5% of the observations. The categories of monthly dangerousness, determined by the combination of frequency deciles, indicated that the N and E peri-urban quadrants presented the highest exposure, with deciles between III and V for wind direction, and deciles between 2 and 7 for wind intensity. The S and W peri-urban quadrants presented lower exposure, with deciles between I and III for wind direction, and deciles between 1 and 4 for wind intensity. Critical areas were determined using the toxicological class of phytosanitary products. Part of the results showed that the situation of highest risk occurred from November to February at the North peri-urban area. In this case, products presented a degree of toxicity II and the wind dangerousness index was V6 for December and V5 for January. The characterization of wind direction and speed in relation with different land uses provides tools for decision-makers.

Key word: agriculture – land use - spray drift risk

Resumo

O monitoramento dos ventos locais ajuda a quantificar o grau de exposição à deriva de produtos químicos agrícolas em áreas sensíveis. Este artigo estabelece relações entre a direção e a velocidade do vento com o objetivo de avaliar o risco de atividades humanas na área periurbana da cidade de Zavalla. Os dados obtidos a partir de registros de estações meteorológicas locais foram analisados através de estatísticas descritivas. As frequências acumuladas das direções N, E e S excederam 70% durante a maior parte do ano. A velocidade do vento foi superior a 10 km.h⁻¹ em 36% das observações, inferior a 10 km.h⁻¹ em 59% das observações e calma em 5% das observações. As categorias mensais de periculosidade, determinadas pela combinação de deciles de frequência, indicam que os quadrantes peri-urbanos N e E apresentaram maior exposição, com deciles entre III e V para a direção do vento e entre 2 e 7 para a intensidade. Os quadrantes peri-urbanos S e O apresentaram menor exposição, com deciles entre I e III para a direção do vento e entre 1 e 4 para a intensidade. As áreas críticas foram determinadas usando uma classe toxicológica de produtos fitossanitários. Parte dos resultados mostrou que a situação de maior risco ocorreu de novembro a fevereiro na área peri-urbana norte. Neste caso, os produtos apresentaram um grau de toxicidade II e o índice de periculosidade do vento foi V6 para dezembro e V5 para Janeiro. A caracterização da direção e velocidade do vento em relação aos diferentes usos da terra, fornece ferramentas para os responsáveis pela tomada de decisões.

Palavras-chave: agricultura – uso da terra - risco

Introducción

El viento es el resultado del desplazamiento de masas de aire por diferencias de presión en la atmósfera. Puede ser un recurso para satisfacer necesidades humanas, como por ejemplo la obtención de energía o puede constituir un atributo que afecta en forma negativa al ambiente, como cambio climático, ocurrencia de

catástrofes, erosión eólica y transporte de contaminantes. Por ello, la caracterización de los vientos en un sitio determinado resulta una información muy valiosa. Si bien las mediciones de parámetros meteorológicos son cada vez más amplias y extendidas en el mundo, el procesamiento de esos datos no se realiza en

general sino a los fines de aplicaciones particulares (Luccini & Pomar, 2012), a pesar de que la demanda de conocimiento sobre los rasgos más sobresalientes del viento como variable climática es cada vez mayor en los estudios medioambientales con fines de ordenación territorial. En Argentina, a pesar de que el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) cuenta con registros de variables desde la década del '40, los datos de frecuencia de direcciones de vientos y su velocidad media no han sido analizados y estudiados con la misma intensidad que otros datos meteorológicos como temperatura, humedad, precipitaciones, heliofanía, etc. (Snaider, 2004). Como excepción pueden mencionarse los trabajos de Dasso & López (2000) que caracterizaron estadísticamente los eventos típicos más frecuentes de vientos para ser utilizados en la modelación hidrodinámica del Lago San Roque (Córdoba), la elaboración de mapas de distribución de velocidades medias de viento en la provincia de Neuquén utilizados en la caracterización de factores eólicos adversos para producciones forestales, determinación de grados de erosividad, y de zonas con diferente exposición al viento (Palese et al., 2009); y el estudio de Cortizo & Isla (2007) sobre la dinámica eólica y las variaciones morfológicas de barreras medianas en los partidos de San Cayetano y Tres Arroyos (Buenos Aires).

Como se mencionó anteriormente, el viento puede afectar la vida del hombre y sus actividades productivas. En particular, la dirección del viento es uno de los factores meteorológicos, que junto con la temperatura y la humedad relativa, afectan la deriva de productos químicos y partículas en suspensión lejos de su sitio de origen. Este proceso a veces se percibe en forma de nubes, polvo y olores, pero en otros casos no. Todo producto fitosanitario que desvía o deriva su trayectoria de aplicación fuera de su objetivo es un posible contaminante del medio. La Coalición Nacional de Minimización de la Deriva, de Estados Unidos (citado en Etienott & Piazza, 2010), define a la deriva como “el movimiento de las partículas pulverizadas y vapores fuera del blanco, provocando menor efectividad de control y posible daño a la vegetación susceptible, vida silvestre y a las personas”. La deriva de productos constituye una amenaza cuando se acerca a zonas sensibles. La definición de amenaza se vincula con el potencial de causar daño que tiene un determinado fenómeno, sea natural o provocado por el hombre. Estos daños muestran, de alguna manera, el grado de vulnerabilidad del sistema. La vulnerabilidad es función del grado de exposición ante la amenaza de un fenómeno y se ve afectado por su sensibilidad y capacidad de adaptación (SAyDS, 2011). En este sentido, el monitoreo de la ocurrencia de vientos de determinada intensidad y dirección contribuye a cuantificar el grado de exposición de una zona sensible a estos factores ambientales y determinar la probabilidad de que un sistema vulnerable sufra un impacto negativo por la acción de un fenómeno, es decir que presente cierto nivel de riesgo. Por otro lado, la información sobre vientos permite contar con una base de datos indispensable en el ordenamiento y planificación territorial, y cobra mayor importancia cuando se analiza el sector periurbano, ya que la dirección de los vientos

dominantes poseen una gran influencia sobre los núcleos habitacionales, debido a la capacidad de transporte de partículas y gases (Montico et al., 2014). El periurbano es una interfase entre la ciudad y la zona rural, donde se combinan características y fenómenos de ambos sectores. En las localidades rurales el periurbano queda definido como un área con límites difusos, donde se produce el avance inmobiliario sobre tierras productivas, y donde la gestión de la agricultura ha provocado alteraciones en la vida cotidiana de los habitantes (Cloquell et al., 2011). En el periurbano conviven distintas situaciones sociales, con reclamos diferentes, constituyendo una zona de conflictos. La deriva de fitosanitarios, en particular, genera posiciones encontradas entre agricultores y vecinos.

La deriva más evidente la produce el viento, del cual interesan su intensidad y dirección, en especial cuando se tiene en cuenta sectores poblados o cursos de agua. La dirección del viento se define como la orientación del vector del viento en la horizontal. Para propósitos meteorológicos, se define como la dirección desde la cual sopla el viento, y se mide en grados en la dirección de las agujas del reloj a partir del norte verdadero. La dirección de los vientos se usa para definir áreas expuestas a riesgos naturales y tecnológicos. El efecto del medio físico en la definición del área expuesta a riesgos derivados de la aplicación deficiente de tecnologías influye en la propagación del daño y del área afectada. La topografía, la permeabilidad del sustrato, la dirección dominante de los vientos o la proximidad de corrientes fluviales (Bosque Sendra et al., 2004) pueden influir en la trayectoria de propagación de sustancias contaminantes. Por ello, la Ordenación del Territorio juega un papel muy importante para mitigar impactos ambientales de las actividades humanas.

En la localidad de Zavalla, provincia de Santa Fe, la agricultura es la actividad dominante tanto en términos de ocupación del espacio como de las personas relacionadas con ella. La localidad ha manifestado desde la década del 70 cambios hacia modelos de producción intensivos en el uso de insumos, que implican una agriculturización y simplificación crecientes. Esto ha determinado un fuerte impacto sobre el ambiente, manifestándose en el deterioro del recurso suelo, el uso generalizado y no siempre racional de plaguicidas, y la contaminación de los suelos y las napas de agua (Rosenstein et al., 2007). Beck afirma que “en la modernidad avanzada, la producción social de riqueza va acompañada sistemáticamente por la producción social de riesgos” (citado en Rosenstein et al., 2007). La característica del riesgo ambiental, y especialmente en relación con la contaminación, es que no puede ser percibido directamente por la gente, de modo que necesita del sistema de conocimiento científico y de sus interpretaciones causales para adquirir el status de peligro (Rosenstein et al., 2007). El objetivo del trabajo fue establecer relaciones entre dirección y velocidad de vientos a partir de datos locales y evaluar el riesgo de actividades humanas en el sector periurbano de la localidad de Zavalla a través de la definición de un índice de peligrosidad de vientos por deriva de productos químicos.

Materiales y Métodos

La localidad de Zavalla se encuentra ubicada en el Departamento Rosario, Provincia de Santa Fe, Argentina (33°01'00"S y 60°53'00"W). El área que ocupa el distrito corresponde a la Pampa Ondulada, recibe alrededor de 990 mm anuales de precipitación y posee una temperatura promedio de 17°C. Los suelos son profundos, con buena capacidad de almacenamiento de agua, moderadamente bien drenado y lenta permeabilidad, aptos tanto para la producción agrícola como para las pasturas artificiales. El cultivo predominante en la actualidad es el de soja (*Glycine max* L. Merr). También se realiza una pequeña propor-

ción de trigo (*Triticum aestivum* L.), maíz (*Zea mays* L.) y sorgo (*Sorghum spp* M.). La producción de hortalizas, legumbres, flores o frutas es prácticamente inexistente (Bonel et al., 2015).

Para poder armonizar información referida a direcciones e intensidades de vientos se trabajó con registros obtenidos con una Estación Meteorológica Automática portable, marca Pegasus, instalada en la Estación Meteorológica Parque Villarino, Zavalla (33°01'S; 60°53'W; 50 m). La Estación está compuesta por un adquisidor EP2010, que registra, almacena y transmite datos a la

Tabla 1: Direcciones de vientos según rango angular y medida central (MC)

Dirección	Rango angular (grados)	MC
N	348,76 – 11,25	0
N-NE	11,26 – 33,75	22,5
NE	33,76 – 56,25	45
E-NE	56,26 – 78,75	67,5
E	78,76 – 101,25	90
E-SE	101,26 – 123,75	112,5
SE	123,76 – 146,25	135
S-SE	146,26 – 168,75	157,5
S	168,76 – 191,25	180
S-SW	191,26 – 213,75	202,5
SW	213,76 – 236,25	225
W-SW	236,76 – 258,75	247,5
W	258,76 – 281,25	270
W-NW	281,26 – 303,75	292,5
NW	303,76 – 326,25	315
N-NW	326,26 – 348,75	337,5

web vía GSM/GPRS. Para este trabajo se utilizaron los datos de los sensores para registro de vientos correspondiente al modelo EP0233, con registro de velocidad entre 1 m/s a 50 m/s y direcciones de vientos en ángulos entre 0° y 360°. Los sensores están ubicados a 2 metros de altura. El período de análisis abarcó de noviembre de 2015 a octubre de 2016. El total de datos corresponde a cuatro medidas por hora a lo largo de cada día durante once meses (2.880 para meses de 30 días y 2.976 para los de 31 días). No se dispuso de información para el mes de febrero y parte de enero debido a una salida temporaria de servicio del equipo.

La forma común de analizar la distribución de vientos es representar la frecuencia de ocurrencia mensual a través de la Rosa de Vientos, tal como lo hace el SMN en forma mensual para las Estaciones Meteorológicas de su Red. En este trabajo las direcciones de viento fueron registradas como ángulos continuos a partir de la dirección norte (valor angular cero). A partir de esos datos se definieron 16 direcciones referidas a puntos cardinales tomando rangos angulares de 22,5° (Tabla 1).

La información anual generada a partir de la estación automatizada se contrastó con el análisis de una serie de 18 años (1997-2014), sobre datos registrados dos veces al día (9 y 15 horas locales) con una veleta a 10 metros de altura en la misma Estación Meteorológica. En este caso, la ocurrencia mensual de vientos para cada dirección y Calmas hace referencia a la relación: Número de observaciones/Número de observaciones totales al mes x 1000. Estos datos se analizaron mediante técnicas

Resultados y Discusión

El análisis de las frecuencias relativas de la serie de 18 años, de enero a diciembre ($n = 213$) determina que existe una ocurrencia media (entre 101 -200 observaciones) y alta (mayor a 200 observaciones) de vientos del N, NE, E, y S en más del 60 % de los casos (Tabla 2). La probabilidad de ocurrencia de vientos mensual ($n = 18$), previa verificación de ajuste a distribución normal según el test de Shapiro – Wilks ($p < 0,05$), para las direcciones N, E y S se muestra en la Tabla 3.

cas de estadística descriptiva, se estimaron las frecuencias relativas de meses con ocurrencia de vientos de cada dirección y Calmas para intervalos de 50 observaciones, otorgándole a cada rango una categoría cualitativa, para ocho direcciones (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW) y las Calmas (C). De esta forma se puede establecer una cierta validación de direcciones de vientos predominantes en forma general.

Con los datos anuales (medidos cada 15 minutos) se analizó la frecuencia de ocurrencia de medidas puntuales de Calmas y viento, discriminando estas últimas entre vientos menores y mayores a 10 km.h⁻¹. El valor de 10 km.h⁻¹ fue tomado como límite crítico respecto al uso predominantemente agrícola del periurbano de Zavalla. Este valor se seleccionó a partir de un rastreo bibliográfico con el fin de determinar el valor de velocidad de viento por encima del cual se incrementa el riesgo de deriva lateral o exoderiva en aplicaciones terrestres de fitosanitarios. Respecto a la selección de este valor existen diferencias entre autores, por ejemplo FAO (2002) al igual que Naranjo Aguilar (2010) recomiendan evitar aplicaciones de herbicidas con velocidades de viento por encima de 7 km.h⁻¹. Brambilla (2013) recomienda suspender aplicaciones con equipos convencionales si las velocidades superan los 12–15 km.h⁻¹. Otros autores plantean umbrales máximos de 15 km.h⁻¹ (Costa et al., 1997, citado en Etienott & Piazza, 2010; Cid & Masiá, 2011; Martens, 2012). Este trabajo se focaliza en la discriminación de vientos en base al umbral de 10 km.h⁻¹. Cabe la aclaración que otros usos o aplicaciones aéreas podrían requerir intensidades diferentes.

Se realizó un análisis de la distribución horaria de las Calmas debido a su importancia en la inversión térmica. Posteriormente se descartaron para cada mes los registros correspondientes a las Calmas (velocidad cero). Para este nuevo conjunto de datos se estimaron medidas resumen de estadística descriptiva (media, coeficiente de variación, mediana y valor máximo) y frecuencias relativas de ocurrencia de vientos por dirección (FRd). Para cada dirección, se estimaron las frecuencias relativas acumuladas de ocurrencia de vientos mayores a 10 km.h⁻¹ (FRv).

Con la información obtenida de dirección e intensidad de vientos (FRd y FRv) se definió un indicador de peligrosidad de vientos (IPV) para la clasificación de áreas críticas del periurbano (PU) en cuanto a la exposición a este factor meteorológico. Se establecieron cuatro posiciones geográficas de acuerdo a su orientación a barlovento: sector Norte (348,76° - 78,75°), Este (78,76° - 168,75°), Sur (168,76° - 258,75°) y Oeste (258,76° - 348,75°). Se siguió un sistema de clasificación jerárquico agrupando valores similares en cuanto a frecuencias de recepción de vientos de determinada dirección e intensidad. Las categorías definidas son generales y se distinguen en base a una leyenda que consta de un número romano que corresponden en forma creciente a los deciles (0,1) del rango 0 – 1 de FRd y un número arábigo que corresponde en forma creciente a las FRv.

Para el tratamiento estadístico de los datos se utilizó el software InfoStat (Di Rienzo et al., 2008).

Los resultados hallados del análisis pormenorizado de datos anuales, considerando el registro automático de vientos cada quince minutos excluyendo Calmas, muestra coincidencia con lo hallado en el análisis de la serie 1997-2014. En la mayor parte del año la frecuencia relativa (FRd) desde la dirección N a S (MC de 0° a 180°) supera el 70 %, excepto en junio y agosto (Figura 1 y Tabla 4). Según Luccini & Pomar (2012), a partir de datos minutas en el período 2008-2011, los vientos preponderantes en la

Tabla 2: Frecuencias relativas de observaciones de vientos y Calmas por punto cardinal para el conjunto de meses comprendidos en el período 1997-2014 (n = 213).

Número de observaciones	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
0-50	0,01	0,09	0,04	0,20	0,02	0,61	0,63	0,80	0,41
51-100	0,14	0,21	0,17	0,32	0,15	0,29	0,30	0,16	0,29
101-200	0,43	0,49	0,46	0,40	0,52	0,10	0,07	0,04	0,26
>200	0,42	0,20	0,32	0,08	0,30	0,01	0,00	0,00	0,04

Tabla 3: Probabilidad de ocurrencia de vientos con un número alto de observaciones (mayores a 200), por mes y dirección (n = 18).

Dirección de vientos	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
N	0,32	0,18	0,28	0,47	nc	0,59	0,32	0,37	0,35	nc	0,56	0,58
E	0,3	0,22	0,44	0,16	0,12	0,11	0,05	0,13	0,59	0,67	0,45	0,47
S	0,1	0,41	0,25	0,26	0,32	0,31	0,45	0,56	0,52	0,34	0,27	0,3

nc = no calculado por no ajustarse a la distribución normal

Tabla 4: Análisis mensual de frecuencias relativas de ocurrencias de vientos, excluyendo las Calmas, desde la dirección Norte a Sur (MC desde 0° a 180°), correspondiente a cuatro medidas por hora.

Frecuencias de vientos N-S	Nov	Dic	Ene	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct
FRd	0,86	0,82	0,89	0,82	0,83	0,92	0,54	0,74	0,68	0,76	0,85
n	2.805	2.892	1.723	2.625	2.788	2.794	2.666	2.701	2.798	2.759	2.873

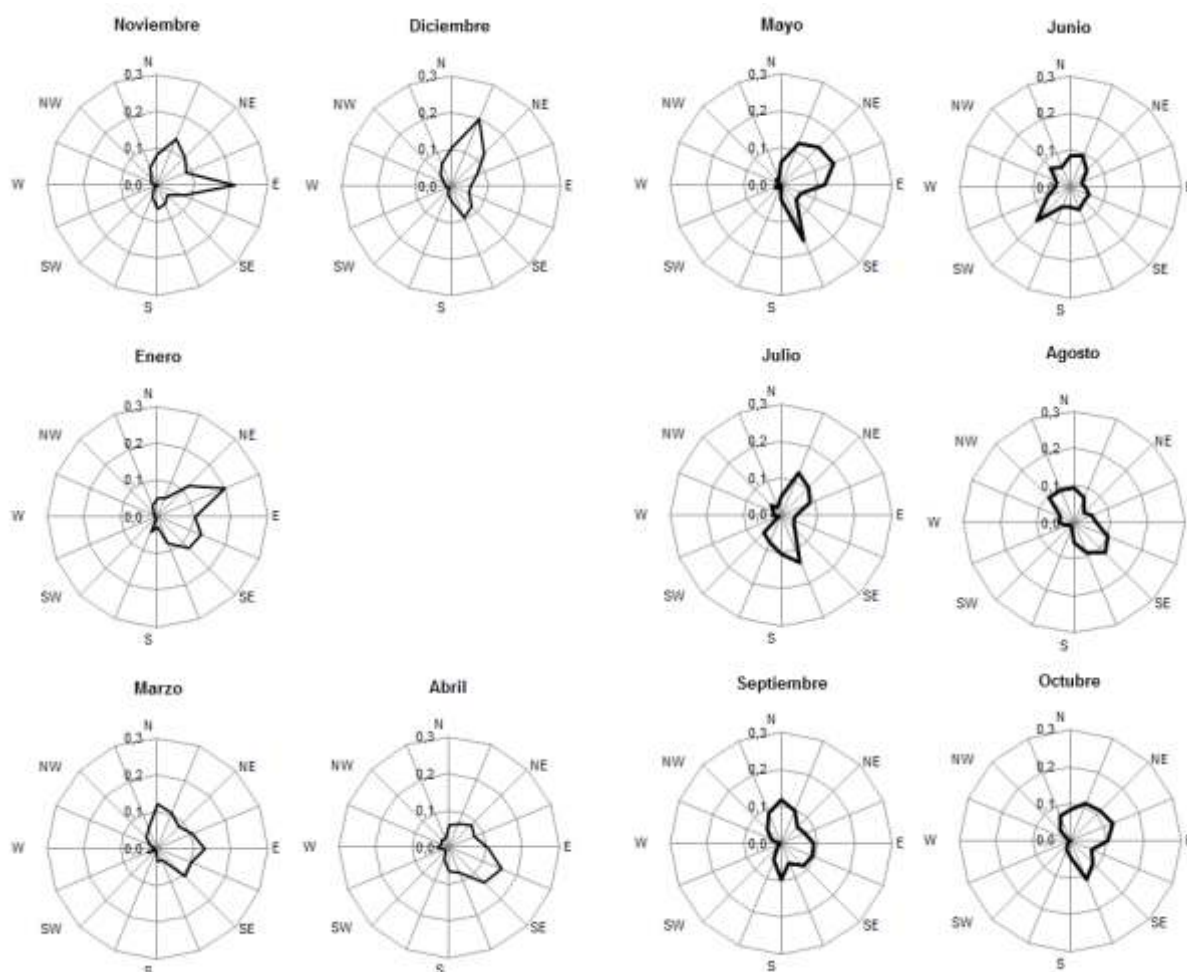
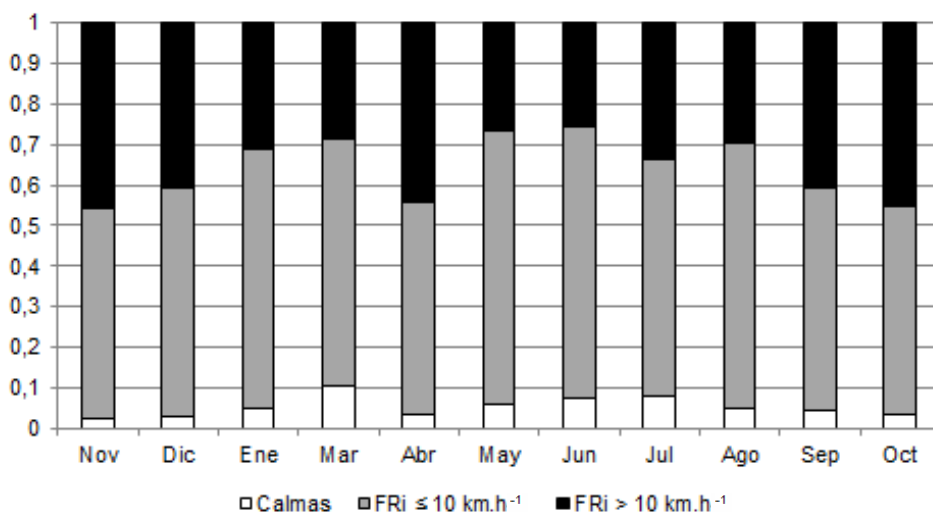
Figura 1: Rosa de frecuencia de direcciones de vientos para cada mes analizado.

Figura 2: Distribución de observaciones, a intervalos de 15 minutos, de vientos mayores y menores a 10 km.h^{-1} , y de Calmas para cada mes analizado.



zona costera al Río Paraná en la ciudad de Rosario, distante a 25 km de Zavalla, corresponden a direcciones del NE-ENE, SE y SW a escala anual. La caracterización de direcciones de vientos de este trabajo coincide parcialmente con la información regional más cercana.

La Figura 2 representa la distribución mensual de Calmas y velocidades de vientos superiores e inferiores a la crítica. Sobre el total de observaciones anuales ($n = 31.070$), el 36 % corresponden a vientos con velocidades mayores a 10 km.h^{-1} , el 59 % a vientos con velocidades menores o iguales a 10 km.h^{-1} , y el 5 % a Calmas (velocidad 0 km.h^{-1}).

La ocurrencia de Calmas, vinculada con la inversión térmica, debería estudiarse con más detalle ya que tiende a inhibir la dispersión y la mezcla vertical de contaminantes en las capas de aire más cercanas a la superficie. Cabe aclarar que se registran ráfagas de vientos durante la fracción horaria de medición de Calmas, con frecuencias relativas que varían de 0,49 en julio a 0,90 en diciembre, velocidades máximas de $5,5 \text{ km.h}^{-1}$ y direcciones predominantes de N a S (MC de 0 a 180°) (Tabla 5). Es decir que el registro de Calmas absolutas es menor al consignado con velocidad cero, con una periodicidad de quince minutos.

La velocidad media de las combinaciones por mes y dirección ($n = 176$) es de 15 km.h^{-1} con una dispersión media del 19 % (Tabla 6). Como puede observarse la velocidad máxima ocurre en el mes de enero desde la dirección S-SE (38 km.h^{-1}). Este valor máximo difiere del informado para la zona costera de Rosario por Luccini & Pomar (2012), quienes reportan intensidades máximas de vientos de 60 km.h^{-1} desde el SW. La localización del sitio de estudio, respecto a las direcciones de vientos predominantes y a las intensidades máximas registradas, determina la exposición del sitio a los factores eólicos a pesar de la relativa proximidad. El rango de velocidad mínima (datos no mostrados)

varía entre $0,1 \text{ km.h}^{-1}$ y $9,4 \text{ km.h}^{-1}$, esta última velocidad se registró en el mes de mayo desde la dirección S-SW.

En la Tabla 7 se presenta la frecuencia relativa de ocurrencia de vientos con velocidades mayores a la establecida como crítica (10 km.h^{-1}). Puede observarse que desde la dirección W a NNW (MC de 270° a $337,5^\circ$) se registraron frecuencias muy inferiores al resto de las direcciones.

En la Tabla 8 pueden observarse las categorías de peligrosidad mensuales obtenidas a partir de la combinación de deciles de frecuencia de dirección e intensidad crítica de viento para cada ubicación dentro del PU para el período noviembre 2015 – octubre 2016. Puede observarse que los barrios ubicados al norte y este de la localidad presentan mayor exposición a vientos, con frecuencias ubicadas entre los deciles III y V para dirección, y entre 2 y 7 para intensidad crítica. Los barrios ubicados al sur y oeste presentan menor exposición a vientos, con frecuencias ubicadas entre los deciles I y III para dirección, y entre 1 y 4 para intensidad crítica.

De acuerdo a la dirección de proveniencia de los vientos, la ubicación de las diferentes intervenciones en tierras agropecuarias podrá ser más o menos impactante sobre la calidad de vida de las personas. En relación al uso agrícola, los cultivos que comúnmente se realizan en el PU y los productos asociados a su manejo (Di Leo et al., 2013) se listan en la Tabla 9.

Teniendo en cuenta los meses de aplicación de productos para el control de adversidades bióticas se advierte que durante marzo, abril y agosto no se realizan controles, por lo que ningún sector del PU estaría expuesto como consecuencia de estos modelos de uso. Durante el período comprendido entre los meses de noviembre a febrero, la situación más riesgosa se presenta en el cultivo de Soja de primera en el PU Norte puesto que se aplican produc-

Tabla 5: Frecuencias relativas (FR) mensuales de registros de ráfagas dentro del intervalo temporal de medición de Calmas, velocidades máximas detectadas y frecuencia relativa desde la dirección Norte a Sur (MC desde 0° a 180°).

Ráfagas durante calmas	Nov	Dic	Ene	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct
FR	0,85	0,90	0,82	0,65	0,83	0,82	0,72	0,49	0,75	0,64	0,78
Velocidad máxima (km.h^{-1})	3,30	5,50	5,50	5,50	3,30	4,40	5,50	3,30	3,30	4,40	4,40
FR N-S	0,80	0,93	0,88	0,93	0,70	0,94	0,82	0,84	0,73	0,74	0,71

Tabla 6: Medidas de resumen univariadas del conjunto de datos de intensidades de viento, por mes y dirección para Zavalla.

	Medida	N	N-NE	NE	E-NE	E	E-SE	SE	S-SE	S	S-SW	SW	W-SW	W	W-NW	NW	N-NW
Noviembre	n	108	135	190	136	269	93	62	96	84	51	22	--	1	2	13	59
	Media (km.h ⁻¹)	16	15	16	15	16	14	16	18	22	20	14	--	16	16	13	15
	CV (%)	23	21	18	21	28	29	24	32	30	31	27	--	0	14	22	22
	Máxima (km.h ⁻¹)	26	23	22	24	29	27	25	37	39	34	25	--	16	17	18	22
Diciembre	n	159	260	148	103	38	68	91	121	47	10	5	9	25	--	40	89
	Media (km.h ⁻¹)	15	15	15	16	14	14	15	17	19	15	20	14	13	--	13	13
	CV (%)	29	27	25	28	27	23	22	26	21	23	46	21	20	--	14	16
	Máxima (km.h ⁻¹)	31	29	25	26	25	27	23	28	25	23	31	20	24	--	17	20
Enero	n	28	46	77	122	46	82	72	32	17	10	1	4	3	5	10	10
	Media (km.h ⁻¹)	13	14	14	13	13	13	14	17	16	14	19	14	14	12	12	12
	CV (%)	16	24	19	17	17	18	23	36	40	23	0	25	13	10	10	10
	Máxima (km.h ⁻¹)	19	22	23	20	18	20	22	38	36	20	19	17	16	14	14	14
Marzo	n	113	54	51	134	131	82	80	24	18	3	--	3	--	6	38	99
	Media (km.h ⁻¹)	13	13	13	15	13	13	14	15	19	17	--	11	--	10	13	14
	CV (%)	14	14	16	20	18	18	18	29	28	21	--	2	--	2	18	18
	Máxima (km.h ⁻¹)	18	18	18	23	21	19	22	27	29	21	--	11	--	11	18	21
Abril	n	27	80	142	105	138	338	192	103	75	18	1	2	8	9	20	13
	Media (km.h ⁻¹)	14	16	17	14	15	15	14	15	15	12	13	12	12	11	12	12
	CV (%)	21	23	22	22	21	20	21	23	22	16	0	4	8	9	13	11
	Máxima (km.h ⁻¹)	20	25	28	25	23	24	23	22	23	16	13	12	14	13	15	14
Mayo	n	50	46	153	153	50	42	33	114	85	22	--	6	3	3	17	15
	Media (km.h ⁻¹)	13	14	15	14	12	13	13	14	20	14	--	15	11	12	13	15
	CV (%)	19	20	19	21	11	15	13	19	16	22	--	14	3	6	15	16
	Máxima (km.h ⁻¹)	19	20	21	22	16	16	16	21	25	22	--	18	12	13	16	18
Junio	n	20	25	51	23	64	65	18	68	45	79	67	94	23	17	55	30
	Media (km.h ⁻¹)	12	12	15	21	18	17	12	15	18	20	14	14	12	12	12	13
	CV (%)	14	13	20	8	19	17	10	20	26	30	20	16	8	10	13	17
	Máxima (km.h ⁻¹)	16	15	23	23	24	23	14	22	27	32	23	18	14	14	18	17
Julio	n	23	68	96	90	21	31	62	237	171	106	38	3	--	1	23	13
	Media (km.h ⁻¹)	12	14	16	16	14	14	14	14	19	18	13	11	--	10	12	11
	CV (%)	10	23	26	28	17	30	29	21	37	41	27	4	--	0	10	12
	Máxima (km.h ⁻¹)	15	22	24	25	19	27	28	25	36	35	31	12	--	10	14	14
Agosto	n	49	60	19	21	75	140	169	85	9	5	5	18	50	33	84	50
	Media (km.h ⁻¹)	12	13	13	13	15	18	17	14	13	11	12	15	13	12	13	12
	CV (%)	13	13	13	13	25	21	28	22	12	4	18	16	15	12	15	12
	Máxima (km.h ⁻¹)	16	18	17	17	26	26	29	27	15	12	15	18	18	17	18	16
Setiembre	n	74	46	76	128	89	135	135	74	149	84	13	--	1	21	67	81
	Media (km.h ⁻¹)	14	15	17	16	15	17	17	19	21	15	17	--	16	13	12	13
	CV (%)	18	20	17	23	20	27	29	34	33	26	21	--	0	16	14	17
	Máxima (km.h ⁻¹)	20	20	24	25	23	30	27	35	36	29	23	--	16	18	18	18
Octubre	n	96	111	165	193	134	95	127	165	77	50	4	--	--	7	44	74
	Media (km.h ⁻¹)	15	16	16	16	15	15	15	19	15	15	14	--	--	12	14	14
	CV (%)	16	23	23	24	20	26	24	25	19	19	16	--	--	13	16	18
	Máxima (km.h ⁻¹)	20	24	30	29	24	30	27	28	24	25	17	--	--	15	20	20

tos con grado de toxicidad II y el Indicador de peligrosidad de viento es V 6 para diciembre y V 5 para enero. El resto de las aplicaciones de fitosanitarios corresponden a grado de toxicidad III y IV, la combinación con el IPV IV 5 y V 5 para el PU Norte y III 3, IV 4 y V 5 en el PU este, constituiría también un factor de riesgo. Los PU sur y oeste presentan IPV entre I 1 y II 2, con lo que se puede inferir menor exposición a deriva de fitosanitarios. Durante el mes de mayo los productos aplicados corresponden a

productos Clase IV utilizados en el cultivo de Trigo, condición que podría ser riesgosa en los PU Norte y Este que presentan IPV de V 6 y IV 3 respectivamente. Los PU Sur y Oeste quedarían menos expuestos a las derivas ya que presentan un IPV de I 1 y I 2. Durante Junio y Julio se aplican productos de toxicidad II en los cultivos de Soja y Maíz de primera siembra, Sorgo y Trigo. El PU Norte tendría mayor nivel de exposición en el mes de julio al presentar un IPV de IV, seguida por el resto de las posiciones en

Tabla 7: Análisis de frecuencias relativas de vientos con intensidades mayores a la crítica (10 km.h⁻¹), por mes y dirección.

	N	N-NE	NE	E-NE	E	E-SE	SE	S-SE	S	S-SW	SW	W-SW	W	W-NW	NW	N-NW
Nov	0,08	0,10	0,14	0,10	0,20	0,07	0,05	0,07	0,06	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04
Dic	0,13	0,21	0,12	0,08	0,03	0,06	0,08	0,10	0,04	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00	0,03	0,07
Ene	0,05	0,08	0,14	0,22	0,08	0,15	0,13	0,06	0,03	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Mar	0,14	0,06	0,06	0,16	0,16	0,10	0,10	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,05	0,12
Abr	0,02	0,06	0,11	0,08	0,11	0,27	0,15	0,08	0,06	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01
May	0,06	0,06	0,19	0,19	0,06	0,05	0,04	0,14	0,11	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,02
Jun	0,03	0,03	0,07	0,03	0,09	0,09	0,02	0,09	0,06	0,11	0,09	0,13	0,03	0,02	0,07	0,04
Jul	0,02	0,07	0,10	0,09	0,02	0,03	0,06	0,24	0,17	0,11	0,04	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01
Ago	0,06	0,07	0,02	0,02	0,09	0,16	0,19	0,10	0,01	0,01	0,01	0,02	0,06	0,04	0,10	0,06
Sep	0,06	0,04	0,06	0,11	0,08	0,12	0,12	0,06	0,13	0,07	0,01	0,00	0,00	0,02	0,06	0,07
Oct	0,07	0,08	0,12	0,14	0,10	0,07	0,09	0,12	0,06	0,04	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,06

Tabla 8: Indicador mensual de peligrosidad de vientos (IPV), según valores de dirección e intensidad, para diferentes sectores del periurbano (PU) de Zavalla.

IPV	PU norte	PU este	PU sur	PU oeste
Nov	IV 5	IV 4	II 2	I 1
Dic	V 6	III 3	I 1	II 2
Ene	V 5	V 5	I 1	I 1
Mar	IV 5	IV 4	I 1	II 2
Abr	III 4	V 7	II 1	II 1
May	V 6	IV 3	I 2	I 1
Jun	III 2	III 3	III 4	III 2
Jul	IV 4	III 4	III 4	I
Ago	III 2	IV 6	II 1	III 3
Sep	IV 3	IV 4	II 3	II 2
Oct	V 5	IV 4	I 1	II 1
IPV Max.	V 6	V 7	III 4	III 3
IPV Min.	III 2	III 3	I 1	I 1

el PU con IPV III 2,3,4, excepto en julio donde el PU Oeste tiene IPV I y el riesgo de deriva disminuiría notablemente. El riesgo disminuiría si se consideran los productos de clases toxicológica III y IV. Durante el mes de Setiembre se aplican productos de grado de Toxicidad II lo que expone al PU Norte y Este a mayor riesgo de deriva ya que presentan IPV IV 3 y IV 4. El PU Sur y Este presentaría menor exposición con IPV de II 2 y II 3. El riesgo disminuiría si se consideran los productos de clases toxicológica III y IV. En Octubre se aplican también productos de toxicidad II en Soja de primera siembra, Sorgo, Trigo y Maíz de segunda siembra, por lo que los PU Norte y Este quedan más expuestos (IPV V 5 y IV 4) que el PU Sur y Oeste (IPV I 1 y I 2).

Los productos fitosanitarios representan el sostén de la agricultura en el modelo tecnológico imperante pero, las prácticas de manejo y aplicación de estos productos son percibidos como un

riesgo para la salud humana y animal, y para el medioambiente por parte de los habitantes de localidades circundadas por actividades agrícolas. Es ampliamente conocido que la aplicación de productos fitosanitarios en forma inapropiada y desaprensiva entraña posibles riesgos tóxicos para la salud ya sea en forma accidental o por un manejo inadecuado de dichos productos (Costa et al., 1997). La comunidad científica-tecnológica debe comprometerse en la identificación de los riesgos reales y contribuir a una adecuada interpretación de la situación. Se favorece así la toma de decisiones en resguardo de la salud pública y el ambiente, en razonable equilibrio con factores productivos y socioeconómicos en juego (UNL, 2010). La información generada en este trabajo advierte sobre los potenciales riesgos para la población periurbana y urbana. Por otro lado, las normativas vigentes señalan restricciones espaciales, según distancias al límite del casco urbano, para el uso de distintos fitosanitarios según su clasificación toxicológica. En las zonas amortiguadoras o buffer la aplicación directa de plaguicidas puede ser regulada, limitada o directamente prohibida. La dimensión de la franja de seguridad se establece de acuerdo con la naturaleza y ubicación del área a proteger, vulnerabilidad de la zona, presencia de cursos de agua, urbanizaciones y la toxicología del producto aplicado (Cordell & Baker, 2001; Madrigal et al., 2007; Etienne & Plaza, 2010). El indicador propuesto podría ser incorporado como atributo para definición de áreas críticas en el PU, presentando como ventajas la simplicidad de interpretación y la dependencia de mediciones meteorológicas estandarizadas locales que permitirían adecuar patrones de peligrosidad de vientos en cada comunidad. El monitoreo de la velocidad junto con la dirección del viento son fundamentales en el cálculo y definición de áreas buffer o de amortiguación (Atay & Ayebare, 2004). Sería importante contar con mediciones locales que permitan planificar el uso seguro del periurbano.

A pesar de que el análisis de direcciones e intensidades a partir de sólo un año puede caracterizar el viento local con cierto error, algunos autores (Corotis et al. 1977) han encontrado que el valor medio de un año difiere en menos del 10% del valor medio climático. Es por ello que la información generada en este trabajo provee indicadores para promover o no ocupaciones habitacionales, servicios viales, comunicacionales, sanitarios, etc.

Tabla 9: Matriz de datos correspondientes a Clases de toxicidad aguda oral y dermal de fitosanitarios utilizados en cultivos agrícolas (Res. SAGPyAN° 350/1999) e Indicadores de peligrosidad por exposición a vientos (IPV) para el periurbano de Zavalla.

Uso	Producto	Tipo*	Clase**	PU	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct
				Norte	IV 5	V 6	V 5	sd	IV 5	III 4	V 6	III 2	IV 4	III 2	IV 3	V 5
				Este	IV 4	III 3	V 5	sd	IV 4	V 7	IV 3	III 3	III 4	IV 6	IV 4	IV 4
				Sur	II 2	I 1	I 1	sd	I 1	II 1	I 2	III 4	III 4	II 1	II 3	I 1
				Oeste	I 1	II 2	I 1	sd	II 2	II 1	I 1	III 2	I	III 3	II 2	II 1
Soja 1°	Glifosato	H	IV													
	Metsulfurón	H	IV													
	2,4 D ¹	H	II													
	Round-Up Max ²	H	III													
	Karate Zeon ³	I	II													
	Connect ⁴	I	III													
	Intrepid ⁵	I	IV													
Maíz 1°	Sphere Max ⁶	F	IV													
	Glifosato	H	IV													
	Atrazina 90 ⁷	H	III													
	Dual Gold ⁸	H	III													
	2,4 D ¹	H	II													
	Tordon 24 K ⁹	H	IV													
	Fighter Plus ¹⁰	F	III													
Sorgo	Glifosato	H	IV													
	Atrazina 50 ¹¹	H	III													
	2,4 D ¹	H	II													
	Karate Zeon ³	F	II													
Trigo	Fighter Plus ¹⁰	F	III													
	Glifosato	H	IV													
	Metsulfurón	H	IV													
	2,4 D ¹	H	II													
	Karate Zeon ³	I	II													
Soja 2°	Amistar Xtra ¹²	F	II													
	Glifosato	H	IV													
	Round-Up Max ²	H	III													
	Connect ⁴	I	III													
	Intrepid ⁵	I	IV													
	Sphere Max ⁶	F	IV													
Maíz 2°	Glifosato	H	IV													
	Atrazina 90 ⁷	H	III													
	Dual Gold ⁸	H	III													
	Karate Zeon ³	I	II													

¹ Ácido 2,4-diclorofenoxiacético; ² Glifosato; ³ Lambda cihalotrin; ⁴ Imidacloprid + Beta-ciflutrin; ⁵ Metoxifenocid; ⁶ Trifloxistrobin + Cyproconazole; ⁷ Atrazina 90%; ⁸ S-metolaclo; ⁹ Sal potásica de Picloram; ¹⁰ Gammacihalotrina; ¹¹ Atrazina 50%; ¹² Azoxistrobina + Cyproconazole * H = herbicida, I = insecticida, F = fungicida; ** Clases toxicológicas: II = moderadamente peligroso (gris oscuro), III = poco peligroso (gris medio), IV = normalmente no ofrecen peligro (gris claro)

Bibliografía

1. ATAY CE, AYEBARE P (2004) Determination of Buffer-Zones using Agricultural Information System. TEM Journal. Vol. 6, Issue 2. p. 363-371. http://www.temjournal.com/content/62/TemJournalMay2017_363_371.html. Acceso: 14 de agosto de 2017.
2. BONEL B y otros (2015) Tierras periurbanas y regulaciones de uso. Una propuesta de acciones educativas inclusivas en la comuna de Zavalla. Talleres Gráficos Rody. Rosario. 38 p.
3. BOSQUE SENDRA J, DÍAZ CASTILLO C, DÍAZ MUÑOZ MA, GÓMEZ DELGADO M.; GONZÁLEZ FERREIRO D, RODRIGUEZ ESPINOSA VM, SALGADO GARCÍA MJ (2004) Propuesta metodológica para caracterizar las áreas expuestas a riesgos tecnológicos mediante SIG. Aplicación en la comunidad de Madrid. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica. p. 44 – 78.
4. BRAMBILLA L (2013) Pautas de buenas prácticas para el manejo de Fitosanitarios. Ediciones INTA. p. 48. <http://inta.gob.ar/documentos/pautas-de-buenas-practicas-para-el-manejo-de-fitosanitarios>. Acceso: 10 de agosto de 2017.
5. CID R, MASIÁ G (2011) Manual para aplicadores. Uso responsable y eficiente de fitosanitarios. Buenos Aires. Ediciones INTA.
6. CLOQUELL S, ALBANESI R, BURZACA L (2011) Características de la urbanización de la agricultura a través de la percepción de la población residente. Actas

- VII Jornadas interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales Facultad de Ciencias Económicas UBA, en CD.
7. **COROTIS RB, SIGL AB, COHEN M** (1977) Variance analysis of wind characteristics for energy conversion, *Journal of Applied Meteorology*, 16, p.149-1157.
 8. **CORTIZO LC, ISLA FI** (2007) Evolución y dinámica de la barrera medanosa entre los arroyos Zabala y Claremeco, partidos de San Cayetano y Tres Arroyos, Buenos Aires. *Revista de la Asociación de Geología Argentina*, 62 (1): 03-12.
 9. **CORDELL S, BAKER P** (2001). Pesticide drift. Cooperative Extension. The University of Arizona. College of Agriculture. Tucson.
 10. **COSTA JJ, MARGHERITIS AE, MÁRSICO O** (1997). Introducción a la Terapéutica Vegetal. Ed. Hemisferio Sur. Primera reimpression. Argentina.
 11. **DASSO CM, LÓPEZ F** (2000) Características del régimen de viento a orillas del lago San Roque (provincia de Córdoba). XVIII Congreso Nacional del Agua. Uso y preservación de los Recursos Hídricos en los umbrales del siglo XXI. Tema 1: Hidrología superficial. Memorias en CD Rom.
http://cemunsel.unse.edu.ar/Rhid/Ind_Gen.html. Acceso: 09 de abril de 2017.
 12. **DI LEO N, BONEL B, MONTICO** (2013) Estrategia para la racionalización del uso y manejo de fitosanitarios en espacios periurbanos. VIII Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y agroindustriales. 29, 30 y 31 de octubre y 1 de noviembre de 2013. Buenos Aires. Actas en CD.
 13. **DI RIENZO JA, CASANOVES F, BALZARINI MG, GONZALEZ L, TABLADA M., ROBLEDO CW** (2008) InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
 14. **ETIENNOT A, PIAZZA A** (2010) Buenas prácticas de aplicación en cultivos planos extensivos. Distancias a zonas urbanas. Criterios y soluciones. *Acta Toxicológica Argentina*, 18 (2):40-53.
 15. **FAO** (2002) Guía sobre buenas prácticas para la aplicación terrestre de plaguicidas. Roma, FAO. p.40.
 16. **LUCCINI E, POMAR J** (2012) Caracterización de vientos en Rosario, Argentina, a partir de mediciones 2008-2011. *Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA)*, N° 1, art. 11.1.
<http://www.cricyt.edu.ar/asades/averma.php>. Acceso: 10 de agosto de 2010.
 17. **MADRIGAL-MONÁRREZ P, BENOIT E, BARRIUSO E, RÉAL B.; DUTERTRE A, MOQUET M** (2007). Retención de plaguicidas en zonas amortiguadoras. Caso del isotroturon. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, VIII 1:35-43.
 18. **MARTENS F** (2012) Guía para el uso adecuado de plaguicidas y la correcta disposición de sus envases. *Boletín de Divulgación* N° 41. Ediciones INTA. p. 22.
 19. **MONTICO S, BONEL, DI LEO N** (2014) Cuenca del Ludueña: transformación de tierras de aptitud de uso agropecuarias en barrios privados. VIII Jornada de Ciencia y Tecnología. Rosario, Argentina. p. 6
 20. **NARANJO AGUILAR F** (2010) Manejo seguro y eficiente de agroquímicos. *Éxito Empresarial*, N° 127. Publicación de CEGESTI, Puerto Rico.
http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion_127_251010_es.pdf. Acceso: 10 de agosto de 2017.
 21. **PALESE C, GARDIOL J, LASSIG J.** (2009) Mapas de velocidad media del viento en el Centro-Este de la provincia de Neuquén. *Meteorológica*, 34, 1: 17-27.
 22. **ROSENSTEIN S, BULACIO L, ESCOLÁ F, GIULIANI S, PANELO M** (2007) Prácticas y representaciones acerca del "riesgo": el uso de productos fitosanitarios en la agricultura. *Revista Theomai: Estudios sobre Sociedad y Desarrollo*, N° 15.
<http://www.redalyc.org/toc.oa?id=124&numero=10059>. Acceso: 10 de agosto de 2017.
 23. **SECRETARÍA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE** (2011) Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático para la gestión y planificación local. Carolina Nahón Ed. p. 55.
 24. http://www.msal.gob.ar/determinantes/images/stories/descargas/recursos/2011_manual_vulnerabilidad_y_a_daptacion_al_cc_para_la_gestin_y_planificacion_local.pdf Acceso: 10 de agosto de 2017.
 25. **SNAIDER P** (2004) Régimen de los vientos en la República Argentina. Distribución geográfica y condiciones estacionales de los vientos según su dirección, frecuencia y velocidad. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*, UNNE.
<http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/com2004/2-Humanidades/H-029.pdf>. Acceso: 10 de agosto de 2017.
 26. **UNL (Universidad Nacional del Litoral)** (2010). Informe acerca del grado de toxicidad del glifosato. Expte. N° 54212, Dirección de Asuntos Jurídicos – UNL, Santa Fe, Argentina. 272 p.