

Técnicas de pulverización. Incidencia de la variación de parámetros operacionales sobre la deriva y la calidad de aplicación

V. Merani^a, M. Mur^a, F. Ramirez^a, M. Ponce^a, F. Guilino^a, T. Palancar^a y R.H. Balbuena^a

^a FCAYF, UNLP La Plata, Argentina. victor.merani@agro.unlp.edu.ar

Resumen

Los pesticidas representan, frecuentemente, la primera medida de control ante la presencia de plagas, siendo la pulverización la forma más difundida de aplicación de fitoterápicos, pero su uso es complejo, tanto desde el punto de vista agronómico, como también por sus implicancias sobre el ambiente. El éxito de la aplicación está directamente relacionado a la oportunidad de labor, una adecuada selección de pastillas, el ajuste de la tasa de aplicación, junto a las condiciones operacionales y climáticas. Asimismo, la totalidad de las variables inciden en los riesgos de deriva.

Se realizó un ensayo a campo, con el objeto de evaluar la incidencia de tres técnicas de aplicación de agroquímicos, sobre el potencial de control y riesgos ambientales que involucran diferentes tasas, velocidades de avance y distanciamientos entre picos, habituales a nivel productivo. Se mantuvo constante la presión (3 bar), altura del botalón (0,75 m) y la pastilla (abanico plano aire inducido Hypro 11015), quedando definidas las tres técnicas, como T1 (57 l ha⁻¹, 18 km h⁻¹ y 0,35 m), T2 (28,7 l ha⁻¹, 18 km h⁻¹ y 0,70 m) y T3 (57 l ha⁻¹, 9 km h⁻¹ y 0,70 m).

Para evaluar las características de aplicación se colocaron tarjetas Syngenta hidrosensibles, que fueron posteriormente procesadas con el programa CIR 1.5. Se determinaron la densidad de impactos (impactos cm⁻¹, la cobertura (%) y la tasa de recuperación de líquido (eficiencia en %) sobre la superficie del suelo y en columnas verticales para establecer la calidad de aplicación, la deriva de sedimentación y la exoderiva.

Ninguna de las técnicas presentó ventajas en la calidad de aplicación, para las variables eficiencia y densidad de impactos pero la T1 alcanzó un porcentaje de cobertura mayor. Para el factor exoderiva, se observa que T2, alcanzó diferencias significativas con respecto a las otras dos técnicas, en tres de las variables analizadas, por lo cual la combinación de altas velocidades de avance y amplios distanciamientos entre picos aumenta los riesgos de exoderiva. Las mediciones de deriva de sedimentación tuvieron una gran variabilidad, no alcanzando diferencias significativas para ninguna variable de evaluación. Las variables operativas inciden sobre los riesgos ambientales independientemente del tamaño de gota producido por la pastilla utilizada

Palabras claves: abanico plano, tasa de aplicación, exoderiva, bajo volumen

Introducción

Dentro del sistema agropecuario coexisten diferentes prácticas para mantener las adversidades bióticas por debajo del umbral económico. La de mayor empleo hasta el momento se basa en el control químico, por lo que durante los últimos años, los agroquímicos han representado un gran sostén del crecimiento de la producción agropecuaria argentina, adquiriendo un rol imprescindible en el paquete tecnológico de la producción agrícola moderna.¹

CASAFE² informa que en los últimos 15 años el consumo de fitosanitarios en la República Argentina pasó de 924,7 millones de dólares a 2381,2 millones en el año

2012. Las estadísticas muestran para los últimos 22 años un incremento del 858% en la aplicación de agroquímicos y un 50% de incremento de la superficie agrícola. Dentro de los fitosanitarios, los mayores porcentajes le corresponden a los herbicidas, con un 41%, seguido por los insecticidas con un 27% y los funguicidas con un 19% del total facturado.

La pulverización es la forma más difundida de aplicación de fitoterápicos, pero su uso es complejo, no solo desde el punto de vista agronómico, sino también por sus implicancias en la preservación del medio ambiente, los riesgos de contaminación y la salud humana.³

La mayoría de los pulverizadores agrícolas actuales utilizan boquillas hidráulicas para dosificar y pulverizar el líquido. Las mismas producen un amplio espectro en el tamaño de gota generado, que van desde los 10 μm a los 1000 μm .⁴

Las gotas grandes tienen la ventaja de descender rápidamente y estar menos expuestas a la deriva por viento y por evaporación. Su principal desventaja es la reducción de deposición y adherencia sobre la superficie vegetal, pudiendo rebotar contra las hojas y caer al suelo en forma directa, o deslizarse y juntarse con otras gotas. A igualdad de volumen, es menor el número de impactos que se puede lograr con gotas grandes.⁵ Por lo contrario, las gotas pequeñas mejoran la retención por parte de las hojas y la cobertura, ofreciendo también una mejor penetración en el cultivo y mayores posibilidades de alcanzar la cara inferior de las hojas, tallos, etc. No obstante esto, por su menor peso serán más propensas a no alcanzar el objetivo, ser transportadas por el viento y por su elevada superficie expuesta sufrir una intensa evaporación antes de depositarse.

Por lo dicho anteriormente, todas aquellas gotas que no lleguen hasta el blanco, o que aun habiéndolo alcanzado no permanezcan retenidas sobre él, constituyen una pérdida de producto que reduce la eficiencia de la aplicación. Este proceso se conoce genéricamente como deriva.⁶ En este sentido, debemos considerar la fracción del fitoterápico que es llevada por el viento fuera del lote objeto del tratamiento, también llamada exoderiva⁷ como también la que transportada por el viento cae sobre el suelo, fuera del lote, no sobre el objetivo, denominada deriva de sedimentación.⁸ La exoderiva es un problema complejo, por la gran cantidad de factores que lo favorecen o promueven y por la dificultad de cuantificar con precisión su magnitud y sus efectos ambientales. A pesar de esto, se han realizado muchas investigaciones dirigidas a comprenderla y también a tratar de controlarla o disminuirla. En todas ellas se reconoce a la velocidad del viento y el tamaño de gota de la pulverización como factores clave que influyen sobre la misma.⁹

Cavallo¹⁰ menciona que aproximadamente un 25% de la pulverización de plaguicidas da en el blanco; el resto afecta directamente a otros organismos hacia los cuales la aplicación no fue dirigida. Según estudios publicados en Brasil cerca del 32% del líquido aplicado es retenido por las plantas o blanco, mientras que el 49% cae al suelo y el 19% va por el aire a otras áreas vecinas. Así, las aspersiones afectan cultivos próximos, cursos de agua y zonas habitadas.¹¹

Leiva,¹² agrupa a los factores que inciden sobre la deriva en aquellos que corresponden a las características de la aspersión, al equipo, a las técnicas de aplicación y a las condiciones atmosféricas. Arvidsson *et al.*¹³, coinciden en parte con este agrupamiento pero incorporan también la habilidad y atención del operador y las características del ambiente, además de las condiciones meteorológicas.

Las características de la aspersión afectan la deriva a través del tamaño de gotas. Trabajando con agua como dispersante, gotas menores de 150 μm están muy

expuestas a la evaporación y deriva, y aquellas mayores de 350 μm no proveen una adecuada cobertura y caen generalmente al suelo arrastrando con ella al agroquímico. Se considera que un adecuado balance se obtiene utilizando gotas entre 200-250 μm de diámetro.¹²

Dentro de las principales variables operativas que inciden sobre la eficiencia de aplicación y el potencial de deriva se encuentran aquellas que decide el operario de la máquina en cada aplicación. Entre ellas se destacan la velocidad de trabajo, la altura de aplicación, la presión de trabajo del sistema y la distancia entre pastillas.

Habitualmente, la tasa de aplicación, expresada en $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$, queda determinada por el caudal de la pastilla seleccionada, la velocidad de trabajo y la distancia entre pastillas. Para una pastilla dada, la tasa de aplicación también variará con la presión de trabajo seleccionada, la cual incide en el número y el tamaño de las gotas. Los operarios tienden en los últimos años a disminuir la tasa de aplicación y modificar los demás parámetros de pulverización tratando de optimizar la eficiencia del equipo en cuanto a su capacidad de trabajo. Por lo tanto, si se reduce la tasa de aplicación se deberá disminuir el caudal de la pastilla o aumentar la distancia entre pastillas y la velocidad de labor. El aumento de la velocidad podrá resolverse dentro de ciertos límites con un aumento de la presión de trabajo, lo cual implica también una modificación del tamaño de gota producido. Estas dos últimas variables inciden fuertemente sobre el potencial de deriva. En un contexto en el que contratistas y productores buscan maximizar la capacidad operativa de sus equipos, reducir el volumen de aplicación parece ser la opción más buscada, pero sin tener en cuenta su impacto en el potencial de deriva.

Si bien se conocen los efectos generales de las variables operativas sobre la eficiencia y el potencial de deriva, no hay mayores evaluaciones a campo de las mismas actuando de manera concomitante. A modo de ejemplo, el aumento de la velocidad de trabajo conlleva una modificación del viento aparente y como consecuencia mayores riesgos de deriva.

Este trabajo pretende evaluar el efecto sobre la eficiencia de aplicación y la deriva de tres técnicas de aplicación, conformadas por diferentes tasas de aplicación, velocidades de aplicación y distanciamiento entre pastillas.

Materiales y métodos

Los ensayos se realizaron en la Estación Experimental Julio Hirschhorn de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP (EEJH). Para la aplicación se utilizó un tractor John Deere 6300 y una pulverizadora montada marca "Hatsuta" con un tanque de 400 l y un botalón de 9,1 m de longitud, con 26 picos a 0,35 m.

Se definieron tres técnicas de aplicación, en las cuales las variables experimentales fueron la tasa de aplicación, la velocidad de trabajo y el distanciamiento entre picos. Las demás variables intervinientes, altura de botalón, presión de trabajo y pastilla se mantuvieron fijas e iguales para todas las técnicas.

Se establecieron dos tasas de aplicación que se denominarán de alto y bajo volumen, correspondiéndose las mismas con volúmenes de 57 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$ y 28 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$ respectivamente, los picos se colocaron a una distancia de 0,35 m o 0,70 m y la velocidad de trabajo fue de 18 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ o 9 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ (5 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ y 2,5 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$).

Se utilizó una pastilla Hypro 11015 de abanico con aire inducido (AI) a una presión de 3 bares, una altura de pulverización de 0,75 m y la, quedando de esta manera las técnicas de aplicación definidas según la tabla N° 1

Tabla N°1: técnicas de aplicación con sus respectivas variables operativas

Referencia	Tasa de aplicación (l/ha)	Velocidad de trabajo (km/h)	Distanciamiento entre pastillas (m)	Altura de trabajo (m)	Presión (bar)
T1	57	18	0,35	0,75	3
T2	28,5	18	0,70	0,75	3
T3	57	9	0,70	0,75	3

Se realizan tres tipos de medición, tratando de evaluar en forma diferenciada, eficiencia de aplicación, exoderiva y deriva de sedimentación, estableciendo para ello tres estaciones de muestreo con características diferentes:

Calidad de aplicación: la primer estación de muestreo estuvo ubicada sobre suelo desnudo a nivel del suelo debajo del botalón, en 4 bloques donde se ubicaron 2 pares de tarjetas hidrosensibles Syngenta de 3" x 1", distanciadadas 1,4 m entre sí.

Endoderiva: la segunda estación se colocó a 25 m del extremo del botalón, con una distribución de tarjetas igual a la de la primera estación.

Exoderiva: la tercer estación de muestreo estuvo compuesta por 3 torres de 3 m de altura distanciadadas a 50 m, 25m y 5 m del extremo del botalón; en las mismas se colocaron tarjetas de a pares a 1, 2 y 3 m de altura

Posteriormente se procedió al paso de la pulverizadora, ubicando para la aplicación, el botalón en la dirección del viento predominante con el objetivo de atenuar los efectos de deriva.

En cada aplicación se tomaron datos de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento, proporcionados por una estación meteorológica portátil Kestrel 3500 DT. Para la cuantificación de los resultados se utilizaron digitalizaron las tarjetas con una resolución de 1200 dpi por medio de un scanner de mesa y el programa *CIR 1.5* (Editor), obteniendo los siguientes parámetros:

- Densidad de impactos (impactos cm^{-2}),
- Diámetro Volumétrico Mediano (DV-0.5 o DVM), (μm)
- Diámetro numérico mediano (DMN), (μm)
- DV-0,9, (μm)
- DV-0,1, (μm)
- Eficiencia (%), relación entre lo recogido en el objetivo y lo aplicado.
- Área de Cobertura (%) Porcentaje del área de la tarjeta manchada

Se efectuó un ANOVA evaluándose la significancia de las diferencias a través de la prueba de LSD Fisher con un nivel de significación del 5%.

Resultados y discusión

En la tabla N° 2 podemos observar que la calidad de aplicación ha sido similar para las tres técnicas de aplicación, en densidad de impactos, eficiencia (tasa de recuperación), DVM y DV0,9). Márquez¹⁴ afirma que, como norma general, cualquier tipo de plaga podría ser bien controlada con un mínimo de 70 impactos cm^{-2} , mientras que para aplicación de herbicidas sistémicos resulta suficiente con 20 a 30 impactos cm^{-2} por lo cual las tres técnicas cumplirían satisfactoriamente con los objetivos, siendo la técnica T2 la que presenta un mayor número de impactos pero con el DVM más bajo. Pese a esto ninguno de estos parámetros ha presentado diferencias estadísticas significativas. Por lo contrario, se observan diferencias en Cobertura (%) y el DV 0,1 de la población de gotas, Esto podría asociarse al menor DVM de la población de gotas que se encontraron sobre las tarjetas hidrosensibles

para T2, no pudiendo compensar el mayor número de impactos su efecto sobre la cobertura. Los registros de DV 0,1 ponen de manifiesto un mayor riesgo potencial de deriva de dicho tratamiento.

Tabla 2. Parámetros de cuantificación para el factor Calidad de Aplicación para las tres técnicas de aplicación (T1, T2 y T3). Valores medios seguidos de letras diferentes en cada columna indican diferencias ($p \leq 0,05$) según el test de LSD Fisher

	Cobertura (%)	Eficiencia (%)	(Impactos cm^{-2})	DMN (μm)	DVM (μm)	DV0,1 (μm)	DV0,9 (μm)
T1	9,56 b	66,23 a	157 a	78,88 b	298,29 a	160,18 b	543,89 a
T2	5,26 a	57,15 a	219 a	60,40 a	274,30 a	105,04 a	496,88 a
T3	7,39 ab	52,79 a	119 a	70,11 ab	316,59 a	164,30 b	542,92 a

En la tabla N°3 se observa la cantidad de producto hallado fuera del lote de aplicación sobre las columnas. Es notoria la diferencia en la densidad de impactos de la T2 por sobre las otras dos técnicas, al igual que ocurre con los parámetros Cobertura y Eficiencia. En este tipo de análisis, al valorarse gotas que se escapan del objeto de aplicación deben tomarse los valores más altos como producto de una mayor ineficiencia y mayores riesgos ambientales de la aplicación. Según Márquez (2008)¹⁴ con este valor de N° de impactos podría realizarse controles de malezas con herbicidas de contacto y sistémicos e insecticidas., En cambio, los impactos obtenidos en las otras dos técnicas no alcanzaría para ningún tipo control. Si se observa el resto de los parámetros, DMN, DVM, DV 0,1 y DV 0,9 no se detectan diferencias significativas para los distintos tratamientos. Los valores en general son muy bajos y de una gran uniformidad, por lo que es posible afirmar que las gotas que se exoderivan son de tamaño similar independientemente de la técnica de aplicación. Si se toma en consideración el DV 0,9 en coincidencia con Leiva (1995)¹² se confirma que las gotas más propensas a derivarse son las de menos de 150 μm , ya que el 90% del caudal exoderivado tiene un tamaño inferior a los 115 μm .

Otra aspecto a tener en cuenta es que al comparar las tablas 2 y la tabla 3 para el parámetro N° de impactos, tanto en T1 como T3 la relación de gotas halladas en exoderiva con las gotas encontradas en el objetivo es de aproximadamente un 9% mientras que para la T2 esta relación aumenta a un 21%, poniendo de manifiesto los riesgos ambientales de la técnica de aplicación en cuanto a sus variables operativas, ya que el incremento de velocidad, el aumento de la distancia entre picos y la reducción de la tasa de aplicación en forma conjunta produjeron una mayor exoderiva

Tabla 3. Parámetros de cuantificación para el factor Exoderiva para las tres técnicas de aplicación (T1, T2 y T3). Valores medios seguidos de letras diferentes en cada columna indican diferencias ($p \leq 0,05$) según el test de LSD Fisher

	Cobertura (%)	Eficiencia (%)	(Impactos cm^{-2})	DMN (μm)	DVM (μm)	DV0,1 (μm)	DV0,9 (μm)
T1	0,12 a	0,25 a	13,94 a	47,09 a	67,97 a	42,33 a	100,84 a
T2	0,38 b	0,87 b	46,28 b	49,62 a	65,41 a	43,29 a	108,84 a
T3	0,09 a	0,42 a	10,39 a	49,87 a	73,37 a	45,16 a	114,92 a

En la tabla N°4 se visualizan los parámetros medidos para el factor deriva de sedimentación. . No existen diferencias estadísticas significativas en ninguno de los parámetros, pese a que se puede observar un menor N° de impactos en la T2, y que

la familia de gotas derivadas es similar en tamaño a la observada en exoderiva en la tabla N° 2.

Tabla 4. Parámetros de cuantificación para el factor deriva de sedimentación para las tres técnicas de aplicación (T1, T2 y T3). Valores medios seguidos de letras diferentes en cada columna indican diferencias ($p \leq 0,05$) según el test de LSD Fisher

	Cobertura (%)	Eficiencia (%)	Impactos (cm^{-2})	DMN (μm)	DVM (μm)	DV0,1 (μm)	DV0,9 (μm)
T1	0,65	a 1,48	a 91	a 51,01	a 61,07	a 43,66	a 91,28
T2	0,45	a 2,84	a 59	a 53,89	b 75,81	a 48,67	a 186,2
T3	0,70	a 1,90	a 80	a 52,38	ab 72,84	a 46,84	a 180,93

Conclusiones

Las técnicas de aplicación con bajo volumen, alta velocidad de desplazamiento y amplios distanciamientos entre pastillas generan un mayor riesgo de deriva.

El uso de boquillas antideriva no evita por si solo la deriva de la aplicación.

La tasa de recuperación de líquido pulverizado es baja, inferior al 67%, por lo cual al menos un 33% del producto se pierde fuera del objeto de aplicación.

Referencias

1. Conde Prat, M. & C. De Simone. Insumos Agrícolas: Fertilizantes y Terapéuticos. SAGPyA. Material del Foro de Perspectivas Agropecuarias (2004). 21 pp.
2. CASAFE. Mercado Argentino de Productos Fitosanitarios (2012). Disponible en <http://www.casafe.org/publicaciones/estadisticas/> 2014. Último acceso: Agosto 2016.
3. Onorato A.A. & Tesouro O.. Desempeño antideriva de una boquilla de pulverización agrícola de cono hueco inducida con aire, (2004) RIA 33 (3) 3-13
4. Bouse, L.F., I.W. Kirk & L.E. Bode. Effect of spray mixture on droplet size. Transactions of the ASAE. (1990) 33:783–788..
5. Etiennot, A.E.. Pulverizaciones terrestres. Segundo Congreso Nacional de Siembra Directa. Septiembre (1993). Huerta Grande, Córdoba, Argentina. pp. 163 - 173.
6. Onorato, A. & Tesouro M.O. Pulverizaciones Agrícolas Terrestres. Ed. INTA. Bs As. 2006.
7. Nuyttens, D., M. De Schampheleire, K. Baetens & B. Sonck. The influence of operator controlled variables on spray drift from field crop sprayer. Transactions of the ASAE. (2007). Vol. 50 (4). pp. 1129-1140.
8. Villalba, J & E. Hetz. Deriva de productos agroquímicos - Efectos de las condiciones ambientales. Tecnología de aplicación de agroquímicos. Red "PULSO". pp. 45-52. 2010.
9. Lucero https://docs.google.com/document/d/15wz6actMnsG3QCH-UXq8h_gODEnfCuVX-fVAyBDRX8/edit 1998 Último acceso: Enero 2017.
10. Cavallo, A. Plaguicidas: qué son y cómo usarlos. Ed. SIMA. (2006). UNC. 189 pp.
11. Scramin, S., A. CHAIM, M.C.P.Y. Pessoa, V.L. Ferracini, P.L. Antônio & N. Alvarenga. Avaliação de bicos de pulverização de agrotóxicos na cultura do algodão. Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente. Curitiba, Brasil. (2002). v.12. pp.43 - 50.
12. Leiva, P.D. Manejo de la deriva en la aplicación de agroquímicos. Carp. Produc. Vegetal. INTA, EEA Pergamino, SERIE: Generalidades, Tomo XIV (Información N° 139, Setiembre, Ed: Puig,R). (1995). 6pp.
13. Arvidsson, T., Bergström, L., Kreuger, J. Spray drift as influenced by meteorological and technical factors. Pest. Manag. (2011). Sci. 67, 586-598.
14. Marquez, L. Buenas practicas agricolas en la aplicacion de fitosanitarios. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO Secretaría General Técnica Centro de Publicaciones. (2008) NIPO: 770-08-158-3. pp 33.

Avance de la frontera agrícola-ganadera entre los años 2000-2016 en las provincias de Tucumán, Jujuy y Salta, utilizando metodologías de Teledetección y SIG

J.I.Carreras Baldrés^a, F. Soria^a, C. Fandos^a y P. Scandaliaris^a

^a Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes – Tucumán. jcarreras@eeaoc.org.ar

Resumen

El conjunto de componentes espaciales del paisaje ha sido condicionado históricamente por actuaciones socioeconómicas, políticas, culturales y cambios medioambientales globales, por lo tanto es necesario considerar al paisaje como un ente dinámico en términos de los patrones espaciales, estructurales y funcionales. La pérdida del hábitat, de la diversidad biológica, la capacidad productiva de los ecosistemas, el desarrollo y su evolución espaciotemporal, son aspectos directamente relacionados y condicionados por esta realidad.

La Argentina de los años '90 de la pasada centuria, y los primeros años del actual siglo, representaron tiempos de cambios profundos en el orden político, económico y social, que respondieron a un nuevo modelo plasmado en el eje central de la estructura teórica y práctica del neoliberalismo; situación que trajo aparejada un reordenamiento espacial configurando su estructura a las nuevas lógicas socio-económicas.

El sector agropecuario no estuvo alejado de esta realidad, representó uno de los ejes centrales de la economía del país, mutando hacia una reestructuración compleja de su sistema productivo. Las tendencias generales que adoptó en el territorio nacional consistieron en el abandono o la transformación de una importante parte de los aprovechamientos tradicionales para pasar a territorios en donde el "monocultivo es la regla". Proceso que lleva aparejado la necesidad de incorporar grandes cantidades de tierra y capital, ya sea realizando un recambio del tipo de cultivo tradicional o incorporando tierras, a través del desmonte de coberturas naturales. Este último proceso tuvo inusual fuerza en las provincias del NOA. Significó el avance de la agricultura hacia el este, en la zona más oriental de la llanura Chaco pampeana, en primera instancia, y posteriormente hacia los bosques transicionales que se encuentran en una faja del paisaje montañoso del oeste, donde se destaca la presencia de la selva tucumano-oranense, también conocida como Yunga. Es de gran importancia la evaluación de las condiciones presentes del fenómeno, para así pasar a un plan que conlleve a un ordenamiento territorial complejo y completo del área analizada.

El objetivo general del presente trabajo fue identificar y cuantificar espacialmente el avance de la frontera agropecuaria en las provincias de Tucumán, Salta y Jujuy, producido entre los años 2000 y 2016. Los resultados se obtuvieron de la aplicación de metodologías de Teledetección (clasificación multiespectral supervisada y análisis visual), sobre imágenes satelitales L 5 TM, L 8 OLI y R 2 Liss3.

Entre los años 2000 y 2016, el área agrícola-ganadera de las provincias de Jujuy, Salta y Tucumán se incrementó en el orden del 87%.

Palabras claves: Frontera agrícola-ganadera, NOA, Teledetección

Introducción

El conjunto de componentes espaciales del paisaje ha sido condicionado históricamente por actuaciones socioeconómicas, políticas, culturales y cambios medioambientales globales, especialmente cambios atmosféricos y el potencial cambio climático. “Por lo cual es necesario considerar al paisaje como un ente dinámico en términos de los patrones espaciales, estructurales y funcionales” (Forman, R. 1995). En la escala temporal de décadas, las actividades humanas que impactan el uso del suelo^a son el factor clave en la forma que adoptan los cambios del paisaje (Vergés, A. et al 2008). La pérdida del hábitat, de la diversidad biológica, la capacidad productiva de los ecosistemas, el desarrollo y su evolución espaciotemporal, son aspectos directamente relacionados y condicionados por esta realidad; por lo cual se vuelve perentorio el estudio sobre los cambios en la cobertura y uso del suelo, de vital importancia actualmente en los análisis medioambientales y de base antrópica.

Estudiar los cambios producidos en el paisaje agrícola de Argentina es de gran importancia a la hora de analizar las nuevas estructuras organizacionales, teniendo en cuenta que “los años ´90 de la pasada centuria, y los primeros años del actual siglo, representaron tiempos de cambios profundos en el orden político, económico y social, que respondieron a un nuevo modelo plasmado en el eje central de la estructura teórica y práctica del neoliberalismo; situación que trajo aparejada un reordenamiento espacial configurando su estructura a las nuevas lógicas socio-económicas dominantes en el contexto mundial” (Barreiro, A. 2002).

Haciendo hincapié en el sistema socio-económico, y considerando que el sector agropecuario dentro de este, representó y representa una de las bases más importantes de la economía de nuestro país, se infiere la importancia de estos cambios en el acontecer de nuestro territorio nacional. Las provincias del Noroeste Argentino (en adelante NOA), no estuvieron exentas de éste proceso, representando un claro ejemplo en la fase de reestructuración del sistema productivo agrícola.

Las tendencias generales que ha adoptado este territorio consisten en el abandono o la transformación de una importante parte de los aprovechamientos tradicionales para pasar a territorios en donde el monocultivo es la regla. Proceso que lleva aparejado la necesidad de incorporar grandes cantidades de tierra y capital, ya sea realizando un recambio del tipo de cultivo tradicional o incorporando tierras, a través del desmonte, con cobertura natural.

“Este incremento de la superficie agrícola en las provincias del NOA significó el avance de la agricultura hacia el este, en la zona más oriental de la llanura Chaco pampeana, en primera instancia, y posteriormente hacia los bosques transicionales que se encuentran en una faja recostada en los faldeos orientales del paisaje montañoso del oeste, donde se destaca la presencia de la selva tucumano-oranense, también conocida como Yunga” (Soria, F. et al 2007).

Considerando la capacidad de las herramientas de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.) para el estudio de los cambios espaciotemporales, el objetivo general del presente trabajo fue cuantificar e identificar espacialmente el avance de la frontera agropecuaria en las provincias de Tucumán, Salta y Jujuy producido entre los años 2000 y 2016.

^a Se entiende por uso del suelo a las actividades humanas que se desarrollan sobre un territorio, mientras que se entiende por cobertura del terreno a todos los diferentes componentes que cubren la superficie de un territorio (Vergés, A. 2008).

Materiales y Métodos

El área de estudio está comprendida por las regiones productivas de las provincias de Jujuy, Salta y Tucumán. Se encuentran localizadas entre los paralelos 21° y 28° de Latitud sur y los meridianos 62° y 66° de Longitud oeste.

Para la determinación del área agrícola-ganadera de las provincias de Jujuy, Salta y Tucumán, correspondiente a los años 2000 y 2016 se utilizaron las siguientes imágenes satelitales:

- Año 2000: Landas 5 TM (escenas 229/76-77-78-79 y 230/76-77-78-79 correspondientes a los meses de julio, septiembre y octubre de 2010).
- Año 2016: Landsat 8 OLI (escenas 229/76-77-78-79 y 230/76-77-78-79 correspondientes a los meses de abril, julio, agosto y septiembre de 2016).

Los pasos para el tratamiento de las mismas se detallan a continuación:

Primeramente se realizó una corrección geométrica, para lo cual se tomaron como base las cartas imagen del Instituto Geográfico Militar (I.G.M.) identificadas como 2766-II y 2766-IV; en tanto que el sistema de referencia corresponde a la proyección POSGAR 94, con Datum WGS 84. Se comprobó la precisión del ajuste a través de puntos de control obtenidos con G.P.S. (Sistemas de Posicionamiento Global) durante los controles a campo.

Posteriormente se realizó la generación de un mosaico y recorte de la imagen, para restringirla al área de estudio.

Se realizó luego el análisis digital, aplicando metodologías de análisis multitemporal de imágenes categorizadas. En esta instancia se realizó una clasificación¹ no supervisada (ISODATA²) a cada una de las imágenes por separado, con el objetivo de ser comparadas posteriormente. De esta manera se presentaron las transiciones que se produjeron entre las dos fechas; es así que se obtuvieron las zonas estables y dinámicas, cual era la cobertura original y cual la actual, lo que indicó las tendencias del cambio en la zona de estudio. Posteriormente se corroboró con la “información de campo, convirtiéndose de vital importancia ésta última para un correcto análisis espacial” (Chuvieco Salinero, 2002).

Este estudio se complementó aplicando un análisis S.I.G., mediante la superposición de la información de las dos capas obtenidas, identificando las áreas que cumplen determinadas condiciones. Las condiciones a cumplir fueron: presencia de áreas con monte natural o tierras dedicadas a la actividad agrícola-ganadera en los años analizados. Se emplearon las coberturas digitales de las clasificaciones del área agrícola-ganadera por departamento para los años 2000 y 2016. Los resultados incluyeron la generación digital de diferentes mapas temáticos indicando el avance de la frontera agrícola ganadera en el período considerado.

¹ “Se entiende por clasificación al proceso por el cual se agrupan los píxeles en un número finito de clases individuales o de categorías de datos con base en los niveles digitales de los datos. Si un píxel satisface cierto criterio, entonces el píxel es asignado a la clase que corresponde a este criterio” (ERDAS, 1999).

² ERDAS Imagine 8.4. utiliza el algoritmo ISODATA para ejecutar una clasificación no supervisada. “El método “isodata clustering” usa la fórmula de la distancia espectral mínima para formar cúmulos (cluster). El método empieza con un cúmulo promedio arbitrario o con el promedio de un conjunto de firmas espectrales existentes. Cada vez que se repite el proceso de formación de “cúmulos”, el promedio de estos cúmulos se modifica. El nuevo promedio de los cúmulos se usa para la siguiente iteración. La utilidad isodata repite el agrupamiento de la imagen hasta que se ejecuta el número máximo de iteraciones o se alcance el máximo porcentaje de asignación de píxeles no cambiados entre dos iteraciones”. (ERDAS, 1999)

Además del software ERDAS Imagine, versión 8.4 para el proceso de imágenes, se utilizó ARCVIEW GIS versión 3.3. para la digitalización y composición de las figuras.

Resultados

Área agrícola-ganadera 2000-2016.

La superficie bruta* del área agrícola-ganadera de las provincias de Jujuy, Salta y Tucumán para el año 2000 fue estimada en 2.060.300 ha. Para el año 2016, la superficie total se incrementó un 87% con respecto a la del año 2000, incorporando 1.819.700 ha al sistema productivo de la región.

En la Tabla 1 se observan los valores de superficie por provincia para los años 2000 y 2016; de la cual se infiere que más del 50% del área desmontada para el año 2000 correspondía a la provincia de Salta, valores que se ven acrecentados para el año 2016, donde esta provincia alcanza superficies cercanas al 70% del área desmontada bruta de la región, con un marcado incremento entre el año 2000 y 2016 (aproximadamente un 85% con respecto a las otras provincias). La provincia de menor superficie desmontada en el año 2000 fue Jujuy, y solo incrementó aproximadamente un 4% su área desmontada para 2016. Mientras que la provincia de Tucumán llegó a incrementar su superficie desmontada en aproximadamente un 10% durante los 16 años del periodo analizado.

Tabla1: Distribución por provincias del área desmontada para los años 2000 y 2016.

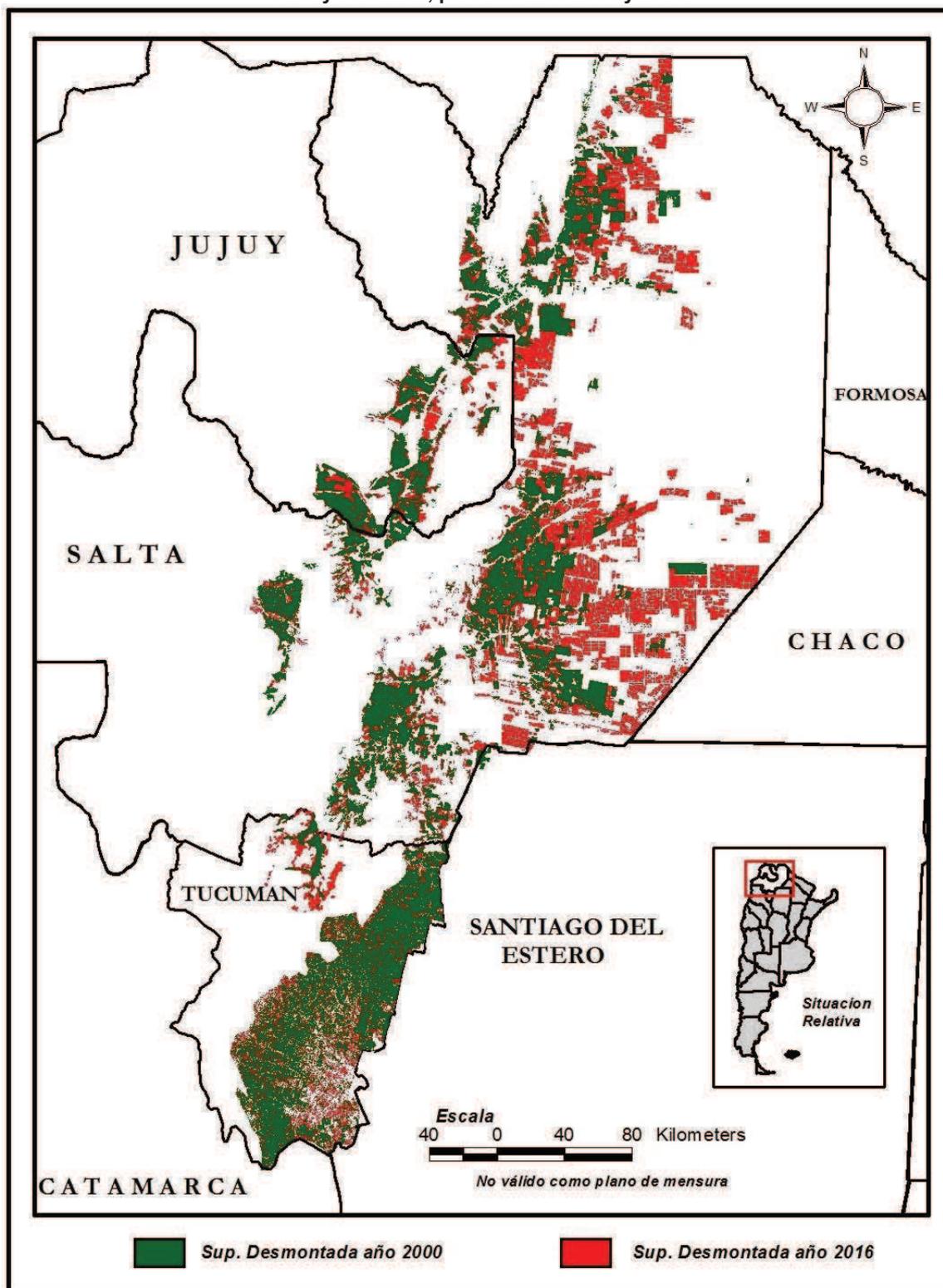
Provincia	Superficie Bruta (ha). Año 2000	%	Superficie Bruta (ha). Año 2016	%	Incremento absoluto	Incremento %
Jujuy	202.500	9.8	280.000	7.2	77.500	4.2
Salta	1.097.800	53.3	2.650.000	68.3	1.552.200	85.4
Tucumán	760.000	36.9	950.000	24.5	190.000	10.4
Total	2.060.300	100	3.880.000	100	1.819.700	100

*Superficie Bruta: incluye la caminaria interior de las fincas y las áreas de servicios involucradas en las clasificaciones por la resolución espacial del sensor Landsat (30m)

Distribución espacial de las nuevas áreas incorporadas a la actividad agrícola-ganadera.

En cuanto a la distribución espacial de las zonas incorporadas a la actividad agrícola-ganadera (Figura 1), se observa que las mayores superficies incorporadas en el periodo de estudio, se localizaron principalmente en el sector centro, norte y este de la provincia de Salta, a lo largo de su eje latitudinal, destacándose los territorios linderos a la provincia de Chaco. Mientras que la provincia de Jujuy, dio muestra de una distribución sin una organización regular sobre los territorios dedicados a la actividad agrícola-ganadera, con algunos nuevos enclaves destacados en el sector centro y noreste provincial. Tucumán presentó mayores superficies incorporadas en la región centro-norte de la provincia, con algunos pequeños enclaves a lo largo de todo el territorio identificado como la Llanura Chaco pampeana.

Fig.1: Áreas desmontadas en las provincias de Jujuy, Salta y Tucumán, para los años 2000 y 2016.



Conclusiones

Durante el periodo 2000-2016, las provincias de Jujuy, Salta y Tucuman, dieron muestra de un aumento de la superficie destinada a la actividad agrícola-ganadera, en detrimento de la superficie con cobertura natural. El incremento estuvo en el orden del 87%.

La provincia de Salta fue la que mostró un mayor aumento de superficie en comparación con las otras dos provincias, llegando a valores de incrementó de un 85% en los 16 años del periodo de estudio, sumando aproximadamente 1.5 millones de ha. al territorio productivo. Tucumán incorporó 190.000 ha (10%), mientras que Jujuy fue la que menor valores presentó, con 77.500 ha (4%) desmontadas.

En cuanto a la distribución espacial, la mayor concentración de tierras incorporadas al circuito productivo se ubicó en la región centro, norte y este de la provincia de Salta, con enclaves de menores proporciones y mayores dispersiones en las provincias de Jujuy y Tucumán.

Referencias.

1. Barreiro, A.; Fuentes, M.; Giradles, S. Y Staffieri, M. *Comunidad ¿Cómo una unidad? Rupturas y continuidades en el concepto de comunidad* en Nuevos escenarios y prácticas profesionales. Ed. Espacio. Buenos Aires Argentina. 2002
2. Chuvieco Salinero, E. *Teledetección ambiental. La observación de la tierra desde el espacio*. Editorial Ariel S.A. Barcelona. España. 2002
3. ERDAS. *Field Guide TM*, Firth Edition. USA. 1999
4. Forman, R. *Land Mosaics. The Ecology of Landscape and Regions*. Cambridge University Press. New York, USA. 1995
5. Soria, F., Fandos, C. y Scandaliaris, P. *Evolución de la frontera agrícola-ganadera entre los años 2002 y 2006 en la provincia de Tucumán mediante Teledetección y S.I.G.CD ROOM: Teledetección, hacia un mejor entendimiento de la dinámica global y regional*. Ed. Martín. 2007
6. Vergés, A.; Pérez Damian, J. y Bocco, G. *Cambio de uso del suelo y vegetación en la Península de baja California, México*. En Revista de Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de geografía, UNAM. ISSN 0188-4611, Num. 67. pp. 39-58. 2008