

Distribución espacial y tasa de invasión de flora exótica en la Reserva Natural de Vaquerías – Provincia de Córdoba (Argentina)

J. SALAZAR ¹, F. BARRI ² & G. CARDOZO ³

¹ Maestría en Manejo de Vida Silvestre, Universidad Nacional de Córdoba. Correo: kunturwarmi@yahoo.com.

² Centro de Ecología y Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional de Córdoba.

³ Laboratorio de Biología del Comportamiento. Instituto de Diversidad y Ecología Animal (IDEA). Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas and Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba.

ABSTRACT – *Spatial distribution of exotic flora invasion rate in Vaquerías Nature Reserve - Province of Córdoba (Argentina)* – This study was carried out in the Vaquerías Nature Reserve owned by the National University of Córdoba, located in the Department of Punilla, Province of Córdoba-Argentina, during the years 2012-2013. The objective was to obtain information about the process and state of invasion of exotic flora in the reserve and its buffer zone. A baseline survey at landscape scale was undertaken, to make appropriate management decisions for the control of these invasive species. The current spatial configuration (area, shape, and contiguity) of the following species was determined: *Ligustrum lucidum* (Glossy privet), *Gleditsia triacanthos* (Honey locust) and *Pyracantha coccinea* (Scarlet firethorn). The rate of invasion was estimated and priority actions for the management of invasive exotic plants are proposed. The discrimination of plant cover was performed with a SPOT-5 merged satellite image (spatial resolution 2.5 m) using the Parallelepiped classification with an accuracy of 83.84% and an index Kappa of 0.80. Of the 522 ha that form the reserve, invasive alien flora covers a total area of 135.6 ha, distributed as follows: 20.9 ha of Scarlet firethorn, 39.5 ha of Glossy privet and 75.2 ha of Honey locust. In the buffer zone, the quadrants North, South and West represent the areas of greatest risk of invasion to the reserve. The areas dominated by invasion are: roads, trails, streams, creeks, and burnt areas. The invasion rate between 2005 and 2012 for Scarlet firethorn was 0.03 ha/year and the average increase per year was 49.16%. For the mixed association of Glossy privet and Honey locust the rate of invasion was 0.031 ha/year and the average increase per year was 4.73%.

Key words: *Ligustrum lucidum*, *Gleditsia triacanthos*, *Pyracantha coccinea*, tasa de invasión, imagen satelital Spot 5.1.

1. INTRODUCCIÓN

El ser humano ha tenido un papel activo en la quiebra de barreras naturales, transportando especies que han logrado en muchos casos colonizar nuevos hábitats. Este fenómeno se ha incrementado notablemente, ocasionando uno de los mayores impactos ambientales de la actualidad como es la pérdida de biodiversidad por la introducción continua de especies exóticas que desplazan a las especies nativas (CLEMENTE, 2010). Las áreas protegidas no escapan a este fenómeno y puede decirse que se está generalizando como un problema de manejo prioritario (DURBAN, 2003). Todo indica que aunque las áreas protegidas tengan barreras naturales y humanas que restringen el ingreso de especies exóticas, éstas llegan y se establecen incluso en las áreas más prístinas, pudiendo generar los mismos impactos ya reportados en áreas con mayor perturbación antrópica (PAUCHARD & JIMÉNEZ, 2010).

La Reserva Natural de Vaquerías presenta como uno de sus objetivos del área, conservar remanentes de vegetación nativa como del Bosque Chaqueño Serrano, pastizales de altura y paisajes de gran belleza escénica, que se encuentran

en peligro crítico de desaparición a nivel regional (BARRI & al., 2010; BARCHUK & al., 2010). Sin embargo, el bosque nativo en la Reserva ha ido desapareciendo por la acción antrópica a través de incendios, urbanización, sobrepastoreo e introducción de especies exóticas (TOLEDO 2012).

En el último relevamiento de flora de la Reserva se registraron un total de 43 especies introducidas, de las cuales las especies *Gleditsia triacanthos* (Acacia negra), *Ligustrum lucidum* (Siempre verde) y *Pyracantha spp.* (*Crataegus*) fueron las más conspicuas, invadiendo diferentes sectores del área protegida (ARGUELLO, 2012). La invasión por parte de éstas constituye uno de los problemas de manejo más apremiantes que enfrenta la Reserva (KUFNER & al., 2012).

Para poder desarrollar estrategias de manejo efectivas de control sobre estas especies en la Reserva, es fundamental saber dónde y cómo se distribuyen actualmente las mismas, y cuál es la velocidad de su avance. En este sentido, la detección y mapeo de las áreas invadidas es un paso fundamental para planificar medidas realmente efectivas de monitoreo y control de las especies exóticas (REJMANEK & PITCAIRN, 2002). Para estudios a escala de paisaje, el procesamiento

de imágenes de alta resolución espacial brinda información adecuada para la detección de formaciones exóticas (LASS & al., 2005; RAMSEY & al., 2005; LAWRENCE & al., 2006).

Por lo tanto, frente a la necesidad de esta información y dada la escala de trabajo del problema a abordar, nos propusimos usar como herramienta imágenes satelitales de alta resolución a fin de concretar los siguientes objetivos: 1. Determinar la configuración espacial actual (área, forma y contigüidad) de las coberturas de flora exótica invasora Siempre verde, Acacia negra y Crataegus. y 2. Estimar la tasa de invasión anual de las tres especies exóticas invasoras (período 2005-2012).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Área de estudio

La Reserva Natural de Vaquerías se ubica en la cuenca del Arroyo Vaquerías, en el departamento de Punilla (Provincia de Córdoba – Argentina), sobre la vertiente occidental del cordón de las Sierras Chicas, con una superficie de 522 ha. La zona de influencia definida comprendió una extensión de 1 km hacia el Norte y hacia el Sur y una extensión de 0.5 km hacia el Este y hacia el Oeste; por lo tanto la zona de estudio se ubicó entre las coordenadas 64.474° W, 31.103° S, y 64.42° W, 31.133° S (Fig.1).

2.2 Imagen satelital y escala de trabajo

Se utilizó una imagen satelital Spot 5 - HRG2, provista por la Comisión Nacional de Actividades Especiales de Argentina (CONAE) con fecha de adquisición 08 de noviembre de 2012. Las imágenes pancromática y multicromática fueron georeferenciadas con puntos de control de terreno (RMS Pan 1.18 pixeles, RMS Multicrom 0.71 pixeles). Se fusionaron ambas imágenes con el Método Multiplicativo de Gram-Schmidt (G-S) y con la imagen resultante de 2,5 m de resolución se realizó el posterior procesamiento de datos. La escala de mapa fue de 1:50000 (LÓPEZ VIZOSO, 1989 & CHUVIECO, 2004). Se utilizó el software ENVI v4.5.

2.3 Definición de las coberturas

Se definieron 8 tipos de coberturas (CABIDO & ZAK, 1999; CINGOLANI & al., 2003; GAVIER & BUCHER, 2004; ARGUELLO, 2012; TOLEDO, 2012) (Fig. 2).

Las coberturas exóticas fueron:

- 1) Arbustal de Crataegus (*Pyracantha coccinea*).
- 2) Bosques de Siempre verde (*Ligustrum lucidum*).
- 3) Bosques de Acacia negra (*Gleditsia triacanthos*).

Las coberturas nativas fueron:

- 4) Bosque serrano: Representado por la dominancia o codominancia de Molle (*Lithraea molleoides*). En esta

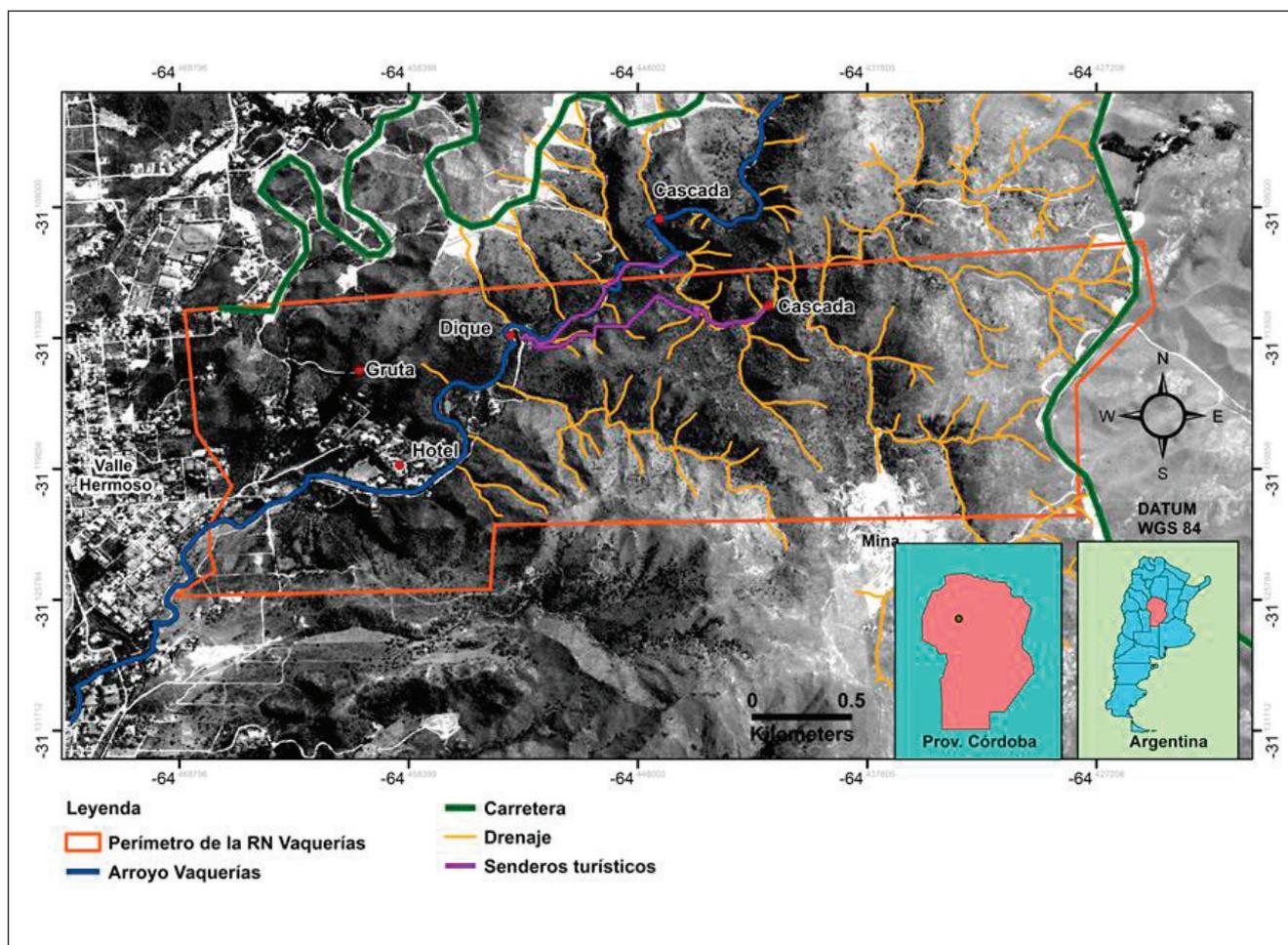


Fig. 1. Área de estudio: Perímetro de la Reserva Natural Vaquerías y zona de influencia considerada.

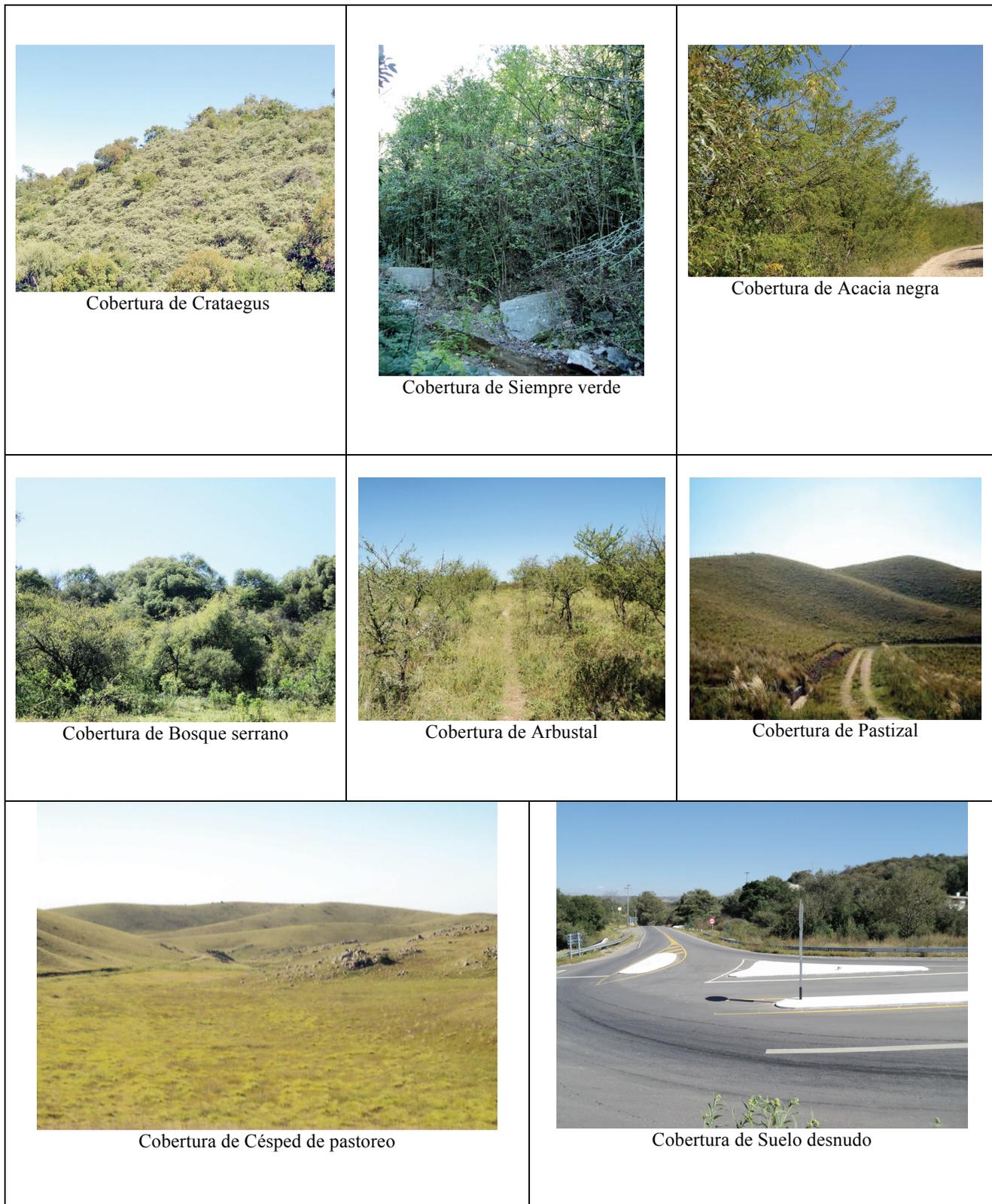


Fig.2. Tipos de coberturas

- cobertura los árboles presentan mediana a elevada altura (entre 7 y 9 metros).
- 5) Arbustal: Caracterizado por la presencia de Espinillo (*Acacia negra caven*), Chilca (*Flourensia campestris*), Romerillo (*Heterothalamus alienus*), Colletia (*Colletia spinosissima*), Lagaña de perro (*Caesalpinia gilliesii*) entre otros. También se incluyó extensiones de Bosque serrano degradado con árboles por debajo de los 2 metros.
 - 6) Pastizal: Caracterizado por la dominancia de especies de los géneros *Nassella* y *Schizachyrium*.
 - 7) Césped de pastoreo: Conformado por un mosaico de parches de pastizales bajos (tipo césped) en distinto estado sucesional. Esta cobertura forma parte de los pastizales serranos que fueron modificados en su estructura y composición por los incendios y el pastoreo.
- La octava cobertura fue Suelo desnudo: Conformado por

superficies sin vegetación, como caminos asfaltados y sin asfaltar, zona urbana (casas y zona hotelera), mina y roca expuesta.

Obtención de regiones de entrenamiento

Se realizaron viajes de campo (entre los meses de Octubre de 2012 y Abril de 2013). Se realizó un muestreo según McMILLAN & SCHUMACHER, 2001 y CASAL & MATEU, 2003, recorriendo senderos principales y secundarios a fin de muestrear distintos hitos geográficos de la Reserva, tales como quebradas, arroyos y cerros. Además se tomaron como referencia imágenes Quickbird de Google Earth para identificar parches de vegetación exótica. Para cada tipo de cobertura se identificaron como regiones de entrenamiento entre 15 a 30 parches representativos, de los cuales se reservó aproximadamente un 25 % del total de píxeles para conformar el conjunto de puntos de validación (MASIP & MARTÍNEZ, 2001; LEWIS & al., 2004). La localización geográfica de las regiones de entrenamiento fue registrada mediante geoposicionador satelital (marca GARMIN, modelo Etrex 30). La separabilidad espectral de las coberturas fue evaluada con un diagrama de signaturas (CHUVIECO, 2004).

Procesamiento de la imagen

Para la discriminación de las coberturas de interés se realizó una Clasificación supervisada Paralelepípedo (Jenssen, 1996). La precisión de los mapas resultantes se evaluó mediante la Matriz de confusión y el coeficiente Kappa «K» (Congalton, 1991).

Análisis de la configuración espacial del paisaje

Se realizó el procesamiento post-clasificación de análisis de mayoría con kernel de 3 x 3 a fin de eliminar píxeles unitarios de distribución aislada y resaltar las características funcionales del mosaico del paisaje (ENVI v4.5).

Para determinar la configuración espacial actual (área, forma y contigüidad) de coberturas vegetales invasoras se cuantificaron diferentes índices que describen el patrón del paisaje, utilizando el *software Fragstats v.4* (McGARIGAL & al., 2002) (Tab.1).

2.4 Tasa de Invasión

La tasa de invasión fue calculada utilizando imágenes provenientes de Google Earth correspondientes a octubre de 2005 y diciembre de 2012, siendo georeferenciadas con el *software* ArcGis v 10.1.

Se procedió a la identificación de los mismos parches de especies exóticas invasoras en ambas imágenes. Dado el carácter imbricado de las coberturas de Siempre verde y Acacia negra, no se pudo discriminar parches puros de estas especies, en consecuencia se realizó la identificación de parches de constitución mixta (n= 10), y parches puros de Crataegus (n= 7). Los parches fueron digitalizados mediante la herramienta ROI (región de interés) de ENVI v4.5.

Para cada parche se calculó el área de expansión respecto a su área original en 7 años y se calculó un promedio. Se obtuvo, además, la tasa de invasión anual para las coberturas exóticas (área de expansión /7).

3. RESULTADOS

3.1 Ocupación de flora exótica invasora en la Reserva y Zona de influencia

En la Reserva la vegetación nativa cubre un 70 % de su superficie, mientras que la flora exótica ocupa actualmente alrededor del 26 %. Acacia negra es la flora exótica invasora con mayor porcentaje de ocupación, seguida de Siempre verde y Crataegus.

En la Zona de influencia, los resultados muestran que los cuadrantes Norte, Sur y Oeste representan riesgo de invasión con presencia de las tres especies pero con predominancia de Acacia negra, y el cuadrante Este es el que ofrece el menor riesgo de invasión de especies exóticas para la Reserva (Tab.2 y Fig.3).

3.2 Procesamiento de la imagen

La metodología Clasificación Supervisada con imagen fusión B1, B2, B3 – Paralelepípedo, presentó un error de precisión de 73.17 % y un coeficiente Kappa de 0.69.

3.3 Características de los parches de la flora exótica invasora

Número y área de parches.- Las tres especies presentan gran cantidad de parches menores a 100m²,

Tabla 1. Clasificación de las métricas del paisaje utilizadas.

Nivel	Parche	Clase
Área	Área del parche (ÁREA)	Área de la clase (CA)
		Índice del parche mayor (LPI)
Forma		Proporción área perímetro (PARA)
		Índice de dimensión fractal (FRAC)
Agregación		Distancia euclidiana al vecino más próximo (ENN)
		Índice de proximidad (PROX)
		Índice de interspersión y yuxtaposición (IJI)
		Índice de separación (SPLIT)
		Índice de agrupamiento (CLUMPY)

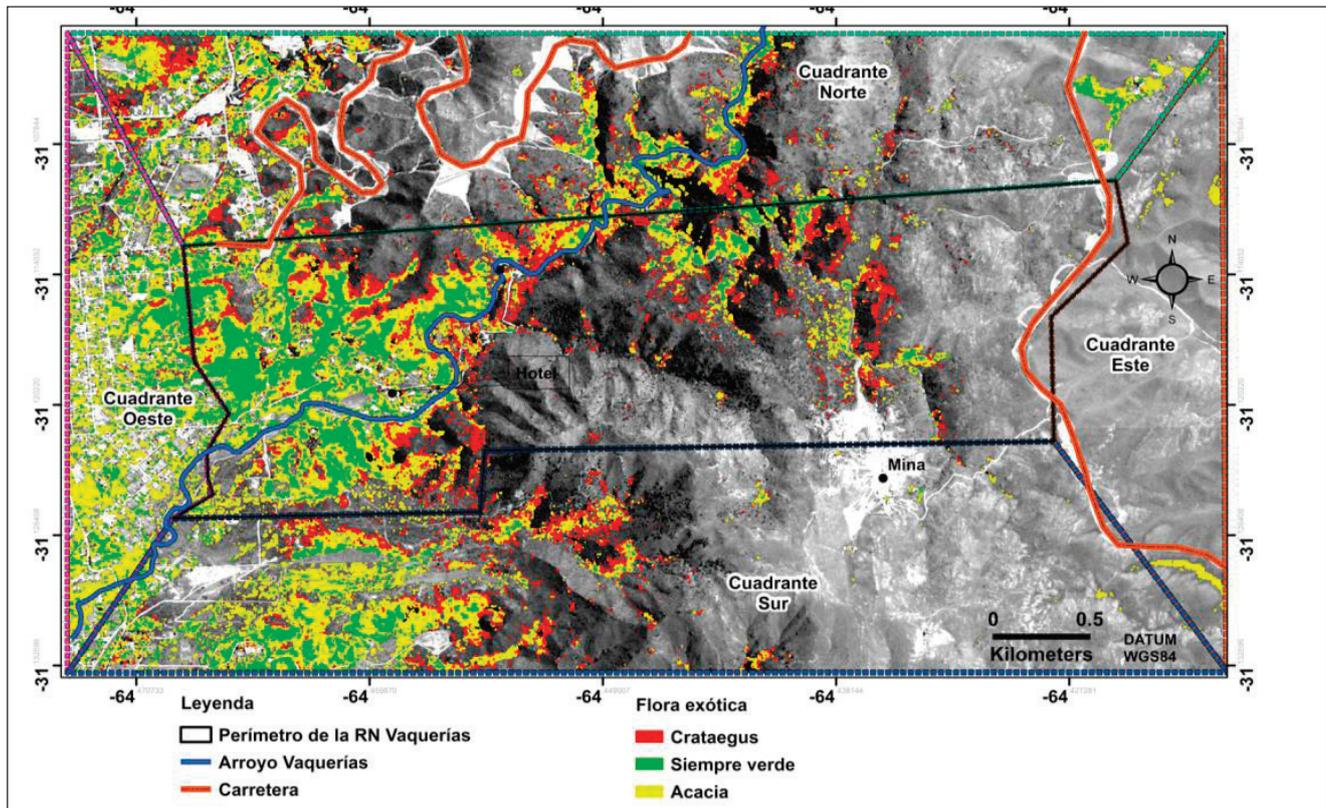


Fig.3 - Mapa de ocupación de especies exóticas en la Reserva Natural de Vaquerías y Zona de influencia.

Tab.2. - Área de coberturas en la Reserva y Zona de influencia

Coberturas	Reserva		Zona de Influencia		Área total (ha)
	Área (ha)	Porcentaje (%)	Área (ha)	Porcentaje (%)	
No clasificado	0.8	0%	6	0%	6.8
Crataegus	20.9	4%	21.8	2%	42.7
Siempre verde	39.5	8%	41	3%	80.5
Acacia negra	75.2	14%	128.2	11%	203.4
Bosque serrano	117.4	23%	139.5	12%	256.9
Arbustal	118.8	23%	304.9	25%	423.7
Pastizal	113.8	22%	353.7	29%	467.5
Césped de pastoreo	8	2%	61	5%	69
Suelo desnudo	27.5	4%	149.3	12%	176.9
TOTAL	522	100%	1205.4	100%	1727.4

siendo los parches de Acacia negra y Crataegus los más abundantes (Fig.4). Estos resultados reflejan que la flora exótica estudiada se encuentra altamente entremezclada en pequeños parches con el resto de coberturas vegetales, presentando el tamaño mínimo de parche mapeado de 5.35 m². Así mismo, es importante marcar que considerando las tres coberturas exóticas existen 872 parches con área mayores a 500m². El índice del parche mayor (LPI) indica que el parche más extenso de Crataegus es de menor tamaño que los más extensos de Acacia y Crataegus (Tab.3).

Forma de los parches.- El índice Proporción perímetro-área (PARA) indica que Crataegus es la cobertura exótica con mayor cantidad de área borde relativa a la superficie ocupada, mientras que Siempre verde presenta la menor

cantidad de área borde relativa. El índice fractal (FRAC) muestra que las tres especies presentan configuraciones similares, con valores bajos (1.0 y 1.1) asociados a formas simples (Tab.3).

Conectividad entre parches del mismo tipo.- El índice Distancia euclidiana al vecino más próximo (ENN) indica que Acacia negra es la cobertura exótica con mayor conectividad entre sus parches.

Conectividad entre parches de diferente tipo.- El índice de interspersión y yuxtaposición (IJI) muestra que Siempre verde es la cobertura exótica menos entremezclada del paisaje, mientras que Acacia negra es la cobertura que

Tab.3. Índices de área, forma y agregación de flora exótica invasora. LPI: Índice del parche mayor. PARA: Proporción perímetro-área. FRAC: Índice de dimensión fractal. ENN: Distancia euclidiana al vecino más próximo. IJI: Índice de interspersión y yuxtaposición. SPLIT: Índice de separación. CLUMPY: Índice de agrupamiento

Categorías	LPI (%)	PARA	FRAC	ENN (m)	IJI (%)	SPLIT	CLUMPY
Crataegus	0.05	8012.3	1.10	15.57	53.54	518424.8	0.76
Siempre verde	0.40	6606.6	1.10	14.21	45.18	23034.1	0.87
Acacia negra	0.63	7270.8	1.11	11.02	79.73	6514.6	0.84

Tab. 4. Incremento de superficie de parches de Crataegus.

Parches de Crataegus	Área (ha) - año 2005	Área (ha) - año 2012	Incremento		Incremento anual (%)
			ha	%	
1	0.07	0.30	0.23	311.08	44.44
2	0.02	0.11	0.09	381.44	54.49
3	0.03	0.16	0.13	515.64	73.66
4	0.26	0.58	0.32	126.20	18.03
5	0.03	0.19	0.16	479.62	68.52
6	0.30	0.65	0.35	115.49	16.50
7	0.04	0.24	0.20	479.54	68.51
PROMEDIO			0.21	344.14	49.16

presenta mayor yuxtaposición e imbricación con los otros tipos de coberturas.

Agrupamiento entre parches.- Según los índices de agrupamiento (CLUMPY) y de separación (SPLIT), Siempre verde y Acacia negra muestran mayores porcentajes de agrupamiento o agregación, mientras que Crataegus es la cobertura exótica más fragmentada.

3.4 Tasa de invasión

La tasa de invasión promedio para los parches de Crataegus y Acacia negra-Siempre verde fue de 0.03 ha/año. Con respecto al incremento porcentual promedio, en el periodo abordado 2005-2012, los parches de Crataegus crecieron más que los de Acacia negra-Siempre verde (Tab.4 y 5).

4. DISCUSIÓN

Los resultados muestran, por un lado, el elevado porcentaje de flora exótica invasora en la Reserva, lo que promueve la necesidad de realizar acciones inmediatas de intervención para su manejo y control (KUFNER & al., 2012; TOLEDO, 2012); y, por otro lado, la importancia que representa ésta área protegida para conservar el bosque nativo en las sierras del centro de Argentina (BARRI & al., 2010; KUFNER & al., 2012).

En la Reserva la distribución de Acacia negra y Siempre verde fue mayor en zonas próximas al centro urbano, márgenes de arroyos y zonas con disturbios (como desmontes producidos por construcciones, caminos, senderos y leña entre otros) (PERALTA & BUGUÑA, 2012; PÜTZ & KUFNER, 2012). Estos resultados confirman que éstas especies se ven favorecidas para su expansión por la cercanía a zonas urbanas, zonas húmedas y a sitios donde hubo algún disturbio del suelo tales como deforestación (RUIZ & al., 2007; LEGGIERI, 2010; GAVIER & al., 2012; MAZIA & al., 2013). Con respecto a Crataegus, la presencia de parches en desmontes de tierra pertenecientes a lotes privados, sugiere que la especie tiene mayor oportunidad de establecerse en campos abandonados y sin vegetación donde las semillas podrían emerger fácilmente (DEBUSSCHE & ISENMANN, 1990; MALRIC, 2004; VILLALOBOS & al., 2010). En la zona de influencia, los cuadrantes cercanos a la zona urbana (Oeste y Norte) presentaron mayor porcentaje de parches de Acacia negra y Siempre verde, lo que ubica a estas zonas como fuentes de propagación de flora exótica hacia el interior del área protegida.

Sobre el estado de invasión de la flora exótica estudiada, la mayor extensión y mezcla de Acacia negra con el resto de coberturas (exóticas y nativas) podría deberse a que ésta sería la primera de las tres especies en invadir la Reserva, teniendo en cuenta los antecedentes históricos de actividad ganadera en la zona (BUGUÑA & PAREDES, 2012), lo que pudo fomentar la dispersión de semillas por el ganado.

Tab. 5. – Incremento de superficie de parches de Acacia negra– Siempre verde.

Parches de Acacia negra-Siempre verde	Área (ha) Año 2005	Área (ha) Año 2012	Incremento		Incremento Anual (%)
			ha	%	
1	0.44	0.58	0.14	31.22	4.46
2	0.19	0.25	0.05	27.25	3.89
3	0.45	0.65	0.21	46.05	6.58
4	0.76	1.23	0.47	62.00	8.86
5	0.85	1.66	0.82	96.60	13.80
6	0.48	0.56	0.08	17.39	2.48
7	1.33	1.36	0.04	2.91	0.42
8	0.50	0.67	0.17	33.68	4.81
9	1.81	2.02	0.21	11.88	1.70
10	0.35	0.36	0.01	1.90	0.27
PROMEDIO			0.22	33.09	4.73

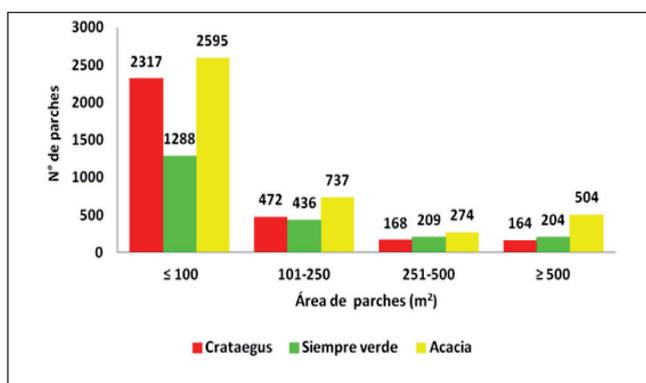


Figura 4. – Número de parches de las tres especies invasoras agrupados por su área.

A su vez estos resultados podrían ser respaldados por el comportamiento típico de Acacia negra como especie pionera, lo que aumentaría en áreas de abandono agrícola-ganadero (GRAU & al.,2010) y a su vez, actuar como agente facilitador de establecimiento de Siempre verde en el área (LANDONE & al., 2010). Por otra parte la presencia más acotada de Siempre verde y Crataegus podría deberse a su posterior invasión que se ve reflejada en los menores porcentajes actuales de ocupación en la Reserva.

Con respecto a la tasa de invasión, entre los posibles factores físicos que podrían haber influenciado la expansión de los parches evaluados de flora exótica, se pueden considerar a la fragmentación del bosque nativo (por caminos, senderos, lotes privados y construcciones) (ABRIL, 2012; PERALTA & BUGUÑA, 2012; CEBOLLADA & KUFNER, 2012), dado que la presencia de espacios abiertos favorece la expansión de estas especies exóticas (TAMBURINI & KUFNER, 2008; ARGUELLO,2012; SANHUESA, 2012). También se debe tener en cuenta, la cercanía de los parches estudiados a los arroyos, factor que pudo influenciar en la rápida expansión de su cobertura, como se vio en otros lugares donde la disponibilidad de agua fue un factor determinante para la expansión de la flora exótica (CAMPOS & BERAZA, 2001; MICOU, 2003; ACEÑOLAZA & al., 2004; KALESNIK & MALVAREZ,2004; BADI & LANDEROS, 2007; LEGGIERI, 2010).

6. BIBLIOGRAFÍA

- ABRIL E., 2012 – *Geología y Geomorfología de Vaquerías*. En: KUFNER M. (Comp.) *Reserva Natural Vaquerías*. – Editorial Universidad Nacional de Córdoba.
- ACEÑOLAZA P.G., POVEDANO H.E., MANZANO A., MUÑOZ J., ARETA J.L. & RONCHI A.J., 2004 – *Biodiversidad del Parque Nacional Pre-Delta*. En: *Miscelánea 12. Temas de la Biodiversidad del Litoral Fluvial Argentino*. – Instituto Superior De Correlación Geológica (INSUGEO).
- ARGÜELLO L., 2012 – *Comunidades Vegetales de Vaquerías*. En: *Reserva Natural Vaquerías*, Kufner M Comp. – Editorial Universidad Nacional de Córdoba.
- BADI M.H. & LANDEROS J., 2007 – *Invasión de especies o el tercer jinete de apocalipsis ambiental, una amenaza a la sustentabilidad* – Daena: International Journal of Good Conscience. 2(1): 39-53. Octubre 2006 – Marzo 2007. ISSN 1870-557X.
- BARCHUK A., BARRI F., BRITOS A.H., CABIDO M., FERNÁNDEZ J. & TAMBURINI D., 2010. – *Diagnóstico y perspectivas de los bosques en Córdoba*. – Revista Hoy la Universidad 4: 52-73 ISSN 1667-62898.
- BARRI F., ARGUELLO L. & PERALTA C., 2010 – *Plan Operativo para la Reserva Natural Vaquerías*. – Universidad Nacional de Córdoba, 22 Pp, aprobado por el HCS por Resolución 1413 del 2010.
- BUGUÑA & PERALTA, 2012 – *Patrimonio cultural de Vaquerías. Lugares, sitios arqueológicos, históricos y arquitectónicos. Usos tradicionales en el área*. En: KUFNER M. (Comp.) *Reserva Natural Vaquerías*. – Editorial Universidad Nacional de Córdoba.
- CABIDO M.R. & ZAK M., 1999 – *Vegetación del Norte de Córdoba*. – Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal. Universidad Nacional de Córdoba y CONICET. Córdoba, Argentina.
- CAMPOS J.A. & BERAZA F.S., 2001 – *Flora Exótica de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai*. – Gobierno Vasco. Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Dirección de Biodiversidad y Participación Ambiental.

- CASAL J. & MATEU E., 2003 – *Tipos de Muestreo*. – Rev. Epidem. Med. Pre. 1: 3-7.
- CINGOLANI A.M., CABIDO M.R., RENISON D., SOLÍS V., 2003. – *Combined effects of environment and grazing on vegetation structure in Argentine granite grasslands*. – J. Veg. Sci. 14(2): 223-232.
- CHUVIECO E., 2004. – *Fundamentos de Teledetección Espacial*. – Rialp. 3ed. España.
- CEBOLLADA & KUFNER, 2012 – *Fauna vertebrada de la Reserva Natural Vaquerías y Áreas Cercanas*. En: *Reserva Natural Vaquerías*, KUFNER M. (Comp.). Editorial Universidad Nacional de Córdoba.
- CLEMENTE M., 2010 – *Especies invasoras: un problema por resolver*. – Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. Especies Exóticas Invasoras en Andalucía. Talleres provinciales 2004-2006. Capítulo 1.
- CONGALTON R.G., 1991 – *A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data*. – Remote Sens. Environ. 37: 35-46.
- DEBUSSCHE M. & ISENMANN P., 1990 – *Introduced and cultivated fleshy-fruited plants: consequences of a mutualistic Mediterranean plant-bird system*. In: DI CASTRI F., HANSEN A.J., DEBUSSCHE M. (eds.) *Biological invasions in Europe and the Mediterranean basin*. – Kluwer, Dordrecht: 399–416.
- GAVIER G.I. & BUCHER E., 2004 – *Deforestación de las Sierras Chicas de Córdoba (Argentina) en el período 1970 – 1997*. Miscelánea N° 101. Academia Nacional de Ciencias (Córdoba).
- JENSEN J.R., 1996 – *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective, second ed.* – Prentice Hall, New Jersey.
- GAVIER G.I., 2002 – *Deforestación y Fragmentación del Bosque en las Sierras Chicas de Córdoba, Argentina*. – Tesis de Maestría. Programa de Postgrado en Manejo de Vida Silvestre. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- GRAU H.R., PAOLINI L., MALIZIA A. & CARILLA J., 2010 – *Distribución, estructura y dinámica de los bosques de la Sierra de San Javier (Tucumán, Argentina)*. pp. 33-50. En: GRAU H.R. (ed.), *Ecología de una interface natural urbana. La sierra de San Javier y el Gran San Miguel de Tucumán*. – EDUNT, Tucumán.
- KALESNIK F. & MALVAREZ A., 2004 – *Las especies exóticas invasoras en los sistemas de humedales. El caso del Delta inferior del Río Paraná*. – INSUGEO, Miscelánea 12: 131 – 138. Tucumán, 2004 - ISSN 1514-4836 - ISSN On-Line 1668-3242.
- KUFNER B., 2012 – *Reserva Natural de Vaquerías. Patrimonio natural y sociocultural. Planificación sustentable de la reserva y su entorno regional*. – 2012. Maura Beatriz Kufner (compiladora): p.332 .
- LANDONE M.C., MIRANDA I. & CHANETON E.J., 2010 – *Facilitación de la invasión de Ligustrum lucidum por Gleditsia triacanthos en pastizales sucesionales de la Pampa Interior* – IV Reunión Binacional de Ecología XXIV Reunión Argentina de Ecología XVII Reunión de la Sociedad de Ecología de Chile Interacción, Espacio, Tiempo. 8 al 13 de agosto de 2010 Buenos Aires.
- LASS L., PRATHER T.S., GLENN N.F., WEBER K.T., MUNDT J.T. & PETTINGILL J.A., 2005 – *A review of remote sensing of invasive weeds and example of the early detection of spotted knapweed (Centaurea maculosa) and Babysbreath (Gypsophila paniculata) with a hyperspectral sensor*. – Weed Science 53:242-251.
- LAWRENCE R.L., WOOD S.D. & SHELEY R.L., 2006 – *Mapping invasive plants using hyperspectral imagery and breiman cutler classifications (Randomforest)*. – Remote Sens. Environ. 100:356- 362.
- LEGGIERI L., 2010 – *Invasión de Gleditsia triacanthos en los corredores de los sistemas fluviales de la Pampa Ondulada y su efecto sobre la distribución de Myocastor coypus*. – Ecología Austral 20:201-208. Agosto 2010 Asociación Argentina de Ecología
- LEWIS S.A., ROBICHAUD P.R., ELLIOT W.J., FRAZIER B.E. & WU J.Q., 2004 – *Hyperspectral remote sensing of postfire soil properties*. In: *Remote sensing for field users: proceedings of the tenth Forest Service Remote Sensing Applications Conference, Salt Lake City, Utah, April 5-9, 2004, [CD-ROM]*. – Bethesda, Md.: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing: 9 p.
- LÓPEZ J.M., 1989 – *La observación de la Tierra desde el espacio: el mapa de ocupación del suelo de la Comunidad Económica Europea, Estudios Geográficos*. – vol.50: pp. 409-434.
- MASIP G. & MARTÍNEZ J.A., 2001 – *Análisis de diferentes métodos de clasificación de una imagen de satélite para caracterizar la superficie afectada por el incendio del Solsonés de 1998*. – Teledetección. Medio Ambiente y Cambio Global (2001) 269-274
- MALRIC C., 2004. – *Inventaire, Cartographie et Proposition de Gestion des Plantes Envahissantes sur la Commune de Lattes*. – Agence Méditerranéenne de l'Environnement. <http://www.ame-lr.org/publications/index.html>
- MAZIA C.N., CHANETON E.J., GHERSA C.M. & LEÓN R.J., 2001 – *Limits to tree species invasion in pampas grassland and forest plant communities*. – Oecología 128:594-602.
- MCGARIGAL K.S., CUSHMAN A., NEEL C. & ENE E., 2002 – *FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst*. Disponible en: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>
- MCMILLAN J.H. & SCHUMACHER S., 2001 – *Research in education: A conceptual introduction (5a ed.)*. – New York: Addison Wesley Longman.
- MICOU A., 2005 – *Gestión de Cuencas Hídricas, Áreas Protegidas y Riesgo por Invasiones Biológicas. El caso de las cuencas de El Palmar, Entre Ríos (Argentina)*. *Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina* – 20 a 26 de março de 2005 – Universidade de São Paulo.
- PAUCHARD A. & JIMÉNEZ A., 2010 – *Invasiones de plantas exóticas en áreas protegidas: entendiendo un proceso*. – Revista Parques 1-9.
- PERALTA C. & BUGUÑA P., 2010 – *Facilidades de la Reserva Natural de Vaquerías para el desarrollo de actividades*. En: *Reserva Natural Vaquerías*,

KUFNER M. (Comp.). – Editorial Universidad Nacional de Córdoba.

RAMSEY E., RANGOONWALA A., NELSON G. & EHRLICH R., 2005 – *Mapping the invasive species, Chinese tallow, with EO1 satellite Hyperion hyperspectral image data and relating tallow occurrences to a classified Landsat Thematic Mapper land cover map.* – Int. J. Remote Sens. 26(8): 1637-1657.

REJMÁNEK M. & PITCAIRN M.J., 2002 – *When is eradication of exotic plant pests a realistic goal?* In: *Turning the Tide: The Eradication of Invasive Species* (eds C.R. VEITCH & M.N. CLOUT), pp. 249–253. – IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

SANHUEZA C., 2012 – *Ecología y manejo de leguminosas invasivas en la Sierra de la Ventana. Bahía Blanca, Argentina.* – Tesis Doctoral en Biología. Universidad Nacional del Sur.

TAMBURINI D. & KUFNER M., 2008 – *Caracterización ambiental y ordenamiento de la vertiente oriental de la Sierra Chica (Córdoba, Argentina) para planificación sustentable.* – Revista de Geografía 12. Instituto de Geografía Aplicada de la UNSJ. ISSN: 1514-1942.

TOLEDO J., 2012 – *Flora de la Reserva Natural de Vaquerías (Dpto. Punilla, Córdoba).* En: *Reserva Natural Vaquerías*, KUFNER M (Comp.). – Editorial Universidad Nacional de Córdoba.

RUIZ F., MINOTTI P., SCOPEL A. & PARIMBELLI M., 2007 – *Análisis de la heterogeneidad fisonómico-funcional de la vegetación del Parque Nacional El Palmar y su relación con la invasión por leñosas exóticas.* – TELEDETECCIÓN - *Hacia un mejor entendimiento de la dinámica global y regional* Ed. Martin, 2007, ISBN: 978-987-543-126-3.

VILLALOBOS A.E., VAZQUEZ D.P. & MARTIN J.L., 2010 – *Soil disturbance, vegetation cover and the establishment of the exotic shrub *Pyracantha coccinea* in southern France.* – Biological Invasions 12(5): 1023-1029.

AGRADECIMIENTOS – A la Comisión Nacional de Actividades Especiales (CONAE) por la provisión de la Imagen satelital SPOT 5. Al Dr. Renison, Dra. Hoyos y el Dr. Gavier por las observaciones y sugerencias que contribuyeron a mejorar el desarrollo del trabajo.

Al Biólogo Aristóbulo Maranta del PN El Palmar y a los Ingenieros Rubén Actis y Ariel Herrera por su importante aporte y ayuda en el desarrollo del trabajo. Finalmente agradecer al Guardaparque Joaquín Piedrabuena de la Reserva Natural de Vaquerías.

El presente trabajo realizado fue para obtener el título de Magister en la Maestría en Manejo de Vida Silvestre (MMVS), Centro de Zoología Aplicada (FCEFyN) de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

RESUMEN – El presente trabajo se desarrolló en la Reserva Natural de Vaquerías, ubicada en el faldeo occidental de las sierras chicas del Departamento de

Punilla, Provincia de Córdoba – Argentina, durante los años 2012 - 2013. Tuvo como objetivo generar información del proceso y estado de invasión de flora exótica sobre la flora nativa de la Reserva y su zona de influencia, a escala de paisaje. Se determinó la configuración espacial actual (área, forma y contigüidad) de las coberturas de especies exóticas invasoras *Ligustrum lucidum* (Siempre verde), *Gleditsia tricanthos* (Acacia negra) y *Pyracantha coccinea* (Crataegus) y se estimó la tasa de invasión entre los años 2005 - 2012. La discriminación de las coberturas vegetales se realizó con una imagen satelital Spot 5 fusionada (resolución espacial de 2.5 m) utilizando el método de Clasificación supervisada Paralelepípedo con una precisión del 73.17% y un índice Kappa de 0.69. De las 522 ha que conforman la Reserva, la flora exótica invasora abarcó un área total de 135.6 ha distribuidas de la siguiente manera: 20.9 ha de Crataegus, 39.5 ha de Siempre verde y 75.2 ha de Acacia negra. En la zona de influencia, los cuadrantes Norte, Sur y Oeste presentaron las zonas de mayor riesgo de invasión, mientras que en el cuadrante Este el riesgo de invasión fue mínimo. Las zonas con predominio de invasión fueron: caminos, senderos, arroyos, zonas quemadas y quebradas. Las coberturas de Siempre verde y Acacia negra muestran mayor agregación mientras que Crataegus es la cobertura exótica más fragmentada. La tasa de invasión para Crataegus y cobertura mixta de Acacia negra–Siempre verde fue de 0.03 ha/año. Para Crataegus, el porcentaje promedio de incremento relativo al área original de los parches por año fue de 49.16 %, mientras que para la cobertura mixta de Acacia negra–Siempre verde el porcentaje promedio de incremento relativo al área original por año fue de 4.73 %.

Los resultados de este estudio podrán contribuir para el diseño de estrategias adecuadas para el control y erradicación de la flora exótica en la Reserva. En particular se destaca la importancia de controlar el alto incremento proporcional del área de los parches de Crataegus y reducir la superficie invadida por Acacia negra y Siempre verde.

RIASSUNTO – *Distribuzione spaziale e tasso di invasione della flora esotica nella riserva naturale di Vaquerías - Provincia di Córdoba (Argentina)* – Il presente lavoro è stato effettuato nella Riserva Naturale Vaquerías che si trova nelle pendici occidentali della “Sierras Chicas” Dipartimento Punilla, Provincia di Córdoba (Argentina), negli anni 2012-2013 con lo scopo di ottenere informazioni sul processo e lo stato attuale dell’invasione di alcune essenze esotiche sulla flora autoctona della Riserva e del territorio circostante, a livello paesaggistico. È stata determinata l’attuale configurazione spaziale (area, forma e contiguità) relativamente alla copertura delle specie esotiche invasive *Ligustrum lucidum* (Sempreverde), *Gleditsia tricanthos* (Mimosa nera) e *Pyracantha coccinea* (Crataegus) unitamente all’invasività nel periodo 2005-2012. La discriminazione della

copertura vegetale è stimata con l'immagine satellitare SPOT 5 fusa con risoluzione spaziale di 2,5 m, utilizzando il metodo di classificazione *Supervised* a Parallelepipedo con una precisione del 73,17 % ed un indice Kappa di 0,69. Su 522,0 ha, costituenti la superficie totale della riserva, la copertura esercitata dalla componente esotica era di 135,6 ha con la seguente ripartizione: *P. coccinea* 20,9 ha, *L. lucidum* 39,5 ha e *G. triacanthos* 75,2 ha. Nell'entroterra, le aree a maggior rischio d'invasione ricadono nei quadranti Nord, Sud e Ovest, mentre nel quadrante Est il rischio d'invasione è stato minimo. Le zone più soggette all'invasione sono risultate: strade, sentieri, torrenti, superfici percorse dal fuoco e crepacci. *L. lucidum* e *G. triacanthos* hanno sempre mostrato maggiore aggregazione, mentre *P. coccinea* è risultata la specie esotica con la copertura più frammentata in piccoli rattoppi. Il tasso di invasione per la copertura con *P. coccinea* e quella mista di *G. triacanthos* e *L. lucidum*, è stata di 0,03 ha per anno. Per *P. coccinea*, l'aumento medio per anno, rispetto alla superficie originaria, è stato del 49,16%; mentre, per la copertura mista di *G. triacanthos* e *L. lucidum*, l'incremento medio anno è risultato del 4,73%.