Investigaciones Geográficas, nº 47 (2008) pp. 111-121
ISSN: 0213-4691

Instituto Universitario de Geografía
Universidad de Alicante

EL AVANCE DE LA FRONTERA AGRÍCOLA EN EL ÁREA ADYACENTE AL SISTEMA SIERRAS DE LA VENTANA (BUENOS AIRES, ARGENTINA)

Mario Fabián Marini
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA
Estación Experimental Bordenave - Buenos Aires, Argentina

RESUMEN

Se determinó el incremento de la superficie agrícola en el área adyacente al Sistema Sierras de la Ventana (Buenos Aires, Argentina). Para ello se emplearon imágenes satelitales Landsat 5 TM de diversas fechas, realizándose una comparación entre la campaña agrícola 1998/ 1999 con respecto a la 2006/ 2007. El análisis llevado a cabo demuestra que existe un incremento en la superficie dedicada a la actividad agrícola que asciende a 55572 has, lo que representa en un aumento del 27,97 %. El mismo es originado principalmente por la propagación de los cultivos de verano, principalmente de la soja, de significativa expansión en la República Argentina en las últimas dos décadas.

Palabras clave: Agricultura, imágenes satelitales, Sierras de la Ventana, soja.

ABSTRACT

The increase of the agricultural area in the Sierras de la Ventana System adjacent zone (Buenos Aires province, Argentina) was developed. Several Landsat 5 TM satellital images were selected in order to make a multitemporal study. The Normalized Difference Vegetation Index - NDVI - was obtained for each satellital scene. Selected scenes represented several phenological stages for each crop during the 1998/ 1999 and 2006/ 2007 periods. According to the NDVI evolution, winter and summer cultivations were identified. A comparative study between both periods shows an increment of agricultural area of 55572 has. which represents that it has increased 27,97 %. It has its origin in the summer cultivation expansion especially soybean according to the tendency in Argentine during the last two decades.

Key words: Agriculture, satellital images, Sierras de la Ventana System, soybean.

Fecha de recepción: 10 de noviembre de 2008. **Fecha de aceptación:** 28 de mayo de 2009.

1. Introduccion

La actividad Agrícola de la República Argentina se destaca en el mundo por la cantidad y variedad de sus cultivos de granos. Las condiciones climáticas del país lo posicionan entre las áreas más productivas del mundo y lo han convertido en uno de los pocos capaces de alimentar habitantes de regiones menos favorecidas. Aunque no se encuentra entre los principales productores mundiales de dichos cultivos, es uno de los escasos con capacidad de exportar, por lo que participa de manera importante en el comercio internacional de granos. La agricultura se halla estrechamente vinculada con cereales como trigo, maíz, avena y sorgo y oleaginosas como girasol, maní y soja. Ello se relaciona tanto con la superficie consagrada a su producción como con los significativos ingresos que generan sus exportaciones.

Muchas de las regiones en las que hoy predomina el cultivo de grano, eran hasta hace poco identificadas como mixtas, debido a que coexistían la producción de granos y la ganadería, o bien como predominantemente ganaderas. No obstante, en los últimos 20 años, dichas áreas comenzaron a experimentar transformaciones muy significativas, ya que la producción de trigo, maíz, girasol y soja aumentó cerca del 66 %, pasando de 40 a 67 millones de toneladas (Satorre, 2005). El área sembrada se incrementó aproximadamente un 35 %, modificándose notablemente la participación relativa de los cultivos. De esta manera, la intensificación de este proceso se tradujo en la extensión de la superficie agrícola y el retroceso de la actividad ganadera, no sólo en lo que compete al uso del suelo sino también en la participación de diversas empresas.

Un caso particular dentro de este proceso lo constituye la soja. A partir de 1996, la superficie destinada a este cultivo se incrementó en más del doble. A nivel país, de las aproximadamente 25 millones de hectáreas sembradas con granos, se estima que el 52 % corresponden a soja (Satorre, 2005). Cabe mencionar que la Argentina acaba de atravesar durante 2008 un extenso paro agropecuario que mantuvo en vilo a todo el país cuando el gobierno nacional decidió aplicar un nuevo sistema de retenciones móviles a la exportación, sujetando su aumento o disminución a la evolución de los precios internacionales. Esta medida se relacionaba directamente con el pronunciado aumento de precios alcanzado por la soja en los mercados internacionales a partir de febrero de dicho año. Finalmente, la Cámara de Senadores rechazó el proyecto de ley sobre retenciones

En algunas zonas, el desplazamiento de la frontera agrícola también ha tenido influencia en la actividad apícola. En efecto, la disminución de áreas naturales trae aparejado que las abejas no consigan flora para extraer polen y néctar, siendo víctimas de un significativo stress. Por tal motivo, muchos apicultores tuvieron que desplazar su actividad hacia zonas destinadas a la ganadería. En los primeros diez meses de 2007, el volumen de las exportaciones argentinas de miel descendió un 25 % respecto del mismo período de 2006. Asimismo, las ventas externas decrecieron un 16 % e incluso en la cosecha llevada a cabo entre los meses de diciembre y marzo últimos se registró una disminución del 50 % respecto de la anterior (SAGPyA, 2007).

El área de Sierras de la Ventana, localizada en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina, es una región que ha experimentado los dos tipos de procesos mencionados previamente: el avance de la frontera agrícola y la consecuente disminución de la actividad apícola. Con la expansión de la agricultura, los espacios de flora natural y praderas se han visto fuertemente reducidos, lo que repercutió negativamente en la producción de mieles. A consecuencia de dicho proceso, muchos apicultores se vieron obligados a trasladar sus apiarios o bien a abandonar la actividad.

Sin embargo, aunque se tiene conocimiento de tal escenario por relevamientos llevados a cabo en dicho área, se desconocen datos concretos que lo avalen fehacientemente. Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo es determinar el incremento de la superficie agrícola en el área adyacente al Sistema Ventania con el fin de corroborar en dicha zona el mismo fenómeno que está teniendo lugar en el resto del país. Para tal fin se emplearon imágenes satelitales Landsat de diversas fechas, realizándose una comparación entre la campaña agrícola 1998/ 1999 con respecto a la 2006/ 2007.

2. Características del área de estudio

El sistema Sierras de la Ventana es uno de los dos sistemas orográficos localizados al este de la provincia de Buenos Aires (Argentina). Se extiende con dirección sudeste-noroeste entre las localidades de Puan y Tornquist, finalizando en el partido de Coronel Pringles. (Figura 1). Las sierras que lo integran alcanzan una longitud de 195 km de noroeste a sudoeste y una superficie de 1548 has. Su basamento cristalino está constituido por rocas de origen precámbrico.

El amplio sector de roca consolidada aflorante exhibe un marcado contraste con la llanura circundante. Su abrupto relieve ha impedido la depositación del loes, razón por la que predominan la roca desnuda y los suelos muy someros. Debido a tales características, en el eje central predominan los sistemas productivos ganadero-agrícolas. La producción es principalmente es bovina, bajo el sistema de invernada - recría - tambo, basado sobre pasturas cultivadas plurianuales y forrajes en rotación con cultivos de cosecha adaptados al clima y a las limitaciones del suelo (RADAR, 2001).

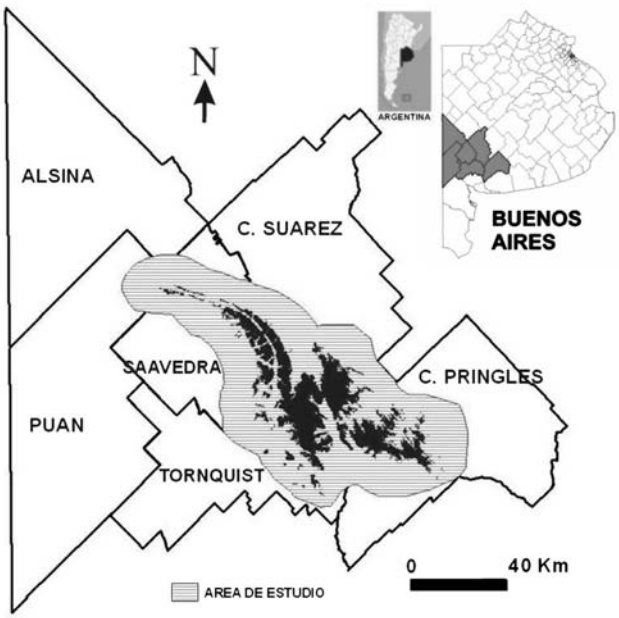


Figura 1: Localización el sistema orográfico Sierras de la Ventana y delimitación del área de estudio.

El Sistema Sierras de la Ventana está morfológicamente conformado por dos grandes unidades (Paoloni et al., 1988). La primera de ellas, el cordón occidental está integrada por un conjunto de sierras de cumbres muy recortadas, cuyas laderas presentan abruptas pendientes atravesadas por valles profundos y angostos. Está conformado por las sierras de Puan, Curamalal y de la Ventana. Esta última es quien da nombre al sistema y se debe a la formación de una ventana natural de aproximadamente 8 m de alto por 4 m de ancho en su cumbre. Este cordón ostenta las mayores alturas de la provincia de Buenos Aires. Entre sus cerros más destacados pueden mencionarse Tres Picos (1239 m), La Ventana (1184 m), Destierro Primero (1172 m), Cura Malal Chico (1000 m), Cura Malal Grande (1037 m) y Napostá Grande (1108 m). La segunda gran unidad morfológica, el cordón oriental, presenta altitudes menores al anterior. Está integrado por las sierras de Las Tunas y Pillahuincó, a su vez conformadas por los cordones Pigüé, Puan, Tres Picos y las estribaciones de Pillahuincó.

Hacia el sur del Sistema Sierras de la Ventana y circundando al mismo, el relieve es mesetiforme, con fajas extendidas longitudinalmente y enmarcadas por afloramientos rocosos. En los valles conformados se han depositado espesos mantos de loes, controlados por las rocas subyacentes. En este sector del flanco serrano la aptitud del suelo es principalmente agrícola - ganadera en el nordeste y ganadero - agrícola en el sudeste (RADAR, 2001). Entre los principales cultivos de invierno se destaca el trigo, la avena y en menor medida la cebada cervecera. Entre los principales cultivos de verano pueden mencionarse el girasol y el sorgo forrajero.

Por su parte en el sector norte de dicho sistema serrano la aptitud es predominantemente agrícola - ganadera. No obstante, su parte central presenta limitaciones determinadas por la sodicidad y por condiciones desfavorables del horizonte superficial en diversos sectores debido a su delgado espesor y a la carencia de nutrientes minerales y orgánicos. Adyacentemente al sistema serrano, la limitante está determinada por la erosión hídrica y la escasa profundidad del suelo. Los cultivos de gran parte de este sector presentan mayor difusión y diversidad que al sur del Sistema Sierras de la Ventana. Entre los más importantes se pueden mencionar soja, girasol, maíz, trigos pan y candeal, cebada cervecera, avena para forraje y para cosecha, centeno y alpiste. La principal actividad ganadera es la invernada y la recría.

El clima predominante en el área es el semiárido templado de régimen térmico, que responde al tipo continental. De acuerdo a Thornthwaite se define como mesotermal de región subhúmeda seca. El régimen pluvial es de 700 mm, oscilando entre extremos de 550 a 750 mm. Las menores precipitaciones se registran durante el invierno (junio a agosto), aunque la baja evapotranspiración permite que se almacene agua en el suelo (RADAR, 2001). Las principales precipitaciones se producen entre octubre y marzo, con máximos en este último mes y el de febrero que llegan a duplicar los registros de invierno.

La temperatura media anual es de 13,4ºC, con máximos promedio de 21,7ºC en enero y 6,3ºC en julio. El Sistema orográfico Sierras de la Ventana influye determinantemente sobre el régimen térmico de la zona, lo que se traduce en que el período libre de heladas sea relativamente corto (entre 160 a 170 días). El mismo tiene lugar entre los meses de abril y octubre, aunque se han registrado temperaturas inferiores a cero grado en los meses de marzo y noviembre con una ocurrencia de aproximadamente siete años.

3. Metodología

El área de estudio se determinó delimitando un sector de 15 km adyacente al Sistema Sierras de la Ventana (Figura 1). Dicha región involucra seis partidos del sudoeste bonae-

rense: Coronel Suárez, Coronel Pringues, Saavedra, Tornquist, Puan y un pequeño sector de Adolfo Alsina. Para determinar el avance de la agricultura en dicha zona, se comparó la superficie ocupada por cultivos anuales (de invierno y de verano) en la campaña agrícola 1998/ 1999 con respecto a la campaña 2006/ 2007. Para ello se utilizaron imágenes satelitales Landsat 5 TM (escenas 227 - 086, 226 - 086 y 226 - 087) seleccionándose aquellas fechas representativas de los distintos estados fenológicos de cada cultivo.

Las imágenes fueron provistas por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales - CONAE (Convenio INTA CERBAS - CONAE). De acuerdo a la disponibilidad de las mismas y a la ausencia de nubes, las fechas seleccionadas fueron: Escena 227 - 086: 2 de octubre, 3 de noviembre y 5 de diciembre de 1998; 22 de enero de 1999; 9 de octubre y 27 de diciembre de 2006; 20 de enero y 13 de febrero de 2007. Escena 226 - 086: 7 de octubre y 30 de diciembre de 1998; 16 de febrero de 1999; 10 de noviembre de 2006; 5 de enero y 22 de febrero de 2007. Escena 226 - 087: 27 de octubre y 30 de diciembre de 1998; 16 de febrero de 1999, 10 de noviembre y 20 de diciembre de 2006; 22 de enero y 2 de marzo de 2007.

Las imágenes fueron previamente georeferenciadas utilizando la proyección Gauss Krugger faja 4 (datum WGS 1984). Posteriormente, se realizaron las correspondientes correcciones radiométricas para lo cual se utilizaron los algoritmos elaborados por el laboratorio de Espectrometría del United States Geological Survey (2000). Seguidamente, se transformaron los valores de radiancia a reflectancia aparente con el fin de expresar los resultados en valores físicos, lo que posibilita que sean comparables en el tiempo, aún bajo condiciones atmosféricas diferentes (Chuvieco, 1996). Una vez obtenida la reflectancia aparente se calculó el Indice Normalizado de Diferencia de Vegetación (Normalized Difference Vegetation Index - NDVI). Dicho índice es la diferencia normalizada entre dos bandas: rojo e infrarrojo cercano (Rouse et al, 1974). Los valores obtenidos oscilan entre los extremos 1 (vegetación muy densa) y -1 (ausencia total de vegetación).

Como herramienta para la clasificación de imágenes se utilizó el árbol de decisión, que permite discriminar cada clase en pasos sucesivos de acuerdo a los diferentes comportamientos espectrales. De este modo, dicha metodología posibilitó definir diferentes categorías de acuerdo a la evolución del NDVI acorde con el ciclo fenológico de cada cultivo. No obstante, no ha sido posible discriminar dentro de los cultivos de invierno y de verano de cuál se trata en virtud de exhibir fenologías similares, razón por las que se los agrupó en estas dos grandes categorías. Cabe también acotar que en la categoría cultivos de verano se incluyen los verdeos, ya que no se los pudo discriminar por presentar un ciclo fenológico similar a los cultivos estivales.

Por otra parte, el sistema serrano, así como las localidades presentes en el área, fueron enmascarados en forma manual a fin de lograr su correcta identificación y evitar que interfieran en el proceso de clasificación posterior. Los cuerpos de agua fueron discriminados mediante una clasificación no supervisada utilizando el método Isodata - datos auto asociados iterativamente (Duda y Hart, 1973). Finalmente, se recurrió a un Sistema de Información Geográfico (SIG) para realizar la consiguiente cartografía y el cálculo de las superficies correspondientes a cada uso del suelo contabilizando el número total de polígonos. La misma herramienta fue también utilizada para trazar los límites políticos de cada partido.

4. Resultados

El análisis del calendario agrícola de cada cultivo aporta la información necesaria sobre su evolución de acuerdo a las distintas etapas fenológicas. La figura 2 muestra la evolución

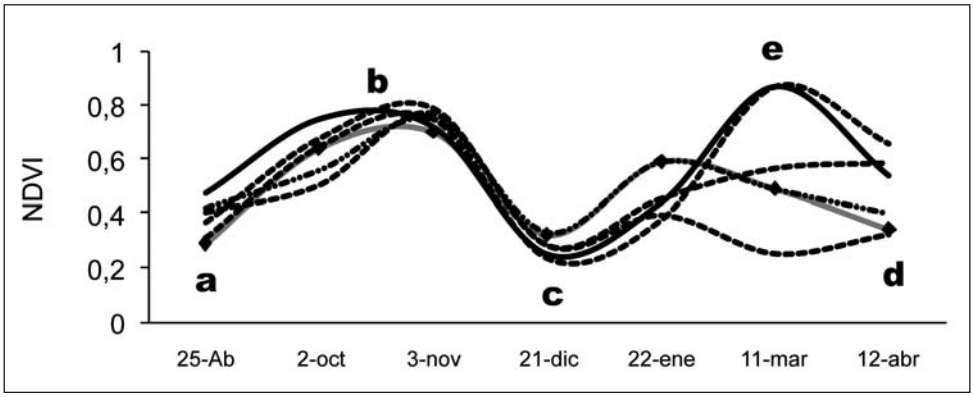


FIGURA 2: Evolución del NDVI para seis casos representativos de patrones de cultivos de inverno (principalmente trigo).

típica del NDVI para diversos lotes representativos de patrones de cultivos invernales del área de estudio, principalmente trigo. Previamente a la siembra del mismo (fines de abril a junio) los lotes se encuentran laboreados (situación «a»), lo que arroja índices verdes bajos. Durante el período de floración y maduración, el índice verde del cultivo alcanza sus máximos valores (alrededor de 0.8, situación «b»). A fines de diciembre se evidencia un significativo descenso del NDVI como consecuencia de su cosecha (situación «c»). Una vez cosechado (marzo a abril del año siguiente), el suelo suele quedar cubierto por el rastrojo del cultivo (situación «d») o bien puede volver a cultivarse (situación «e»). Esta última situación implica la incorporación de un forraje invierno.

La evolución del índice verde para los cultivos y verdeos de verano a lo largo del calendario agrícola es exactamente la opuesta a la anterior (Figura 3). Durante la primavera (octubre a noviembre) los lotes se hallan sembrados o bien preparados para la siembra (si-

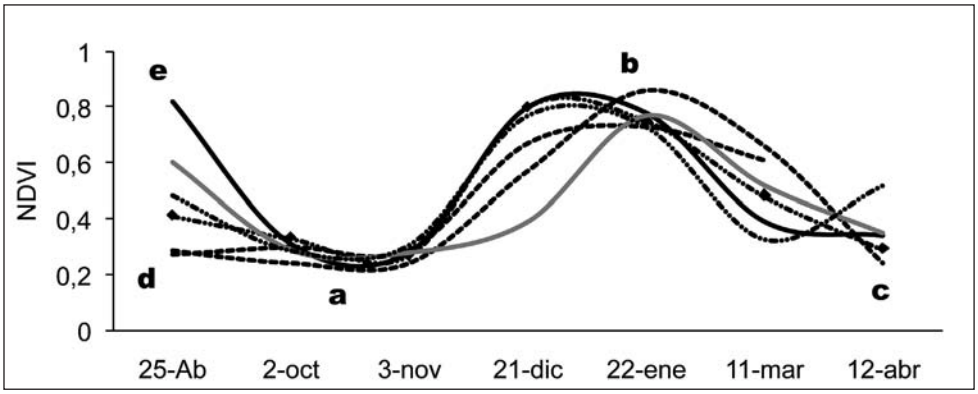


FIGURA 3: Evolución del NDVI para casos representativos de cultivos de verano (los patrones corresponden a girasol, maíz y soja).

tuación «a»). Cuando comienza el verano y durante el transcurso del mes de enero alcanzan su máximo desarrollo (situación «b»), con valores de NDVI que llegan a superar 0.8. De acuerdo a cuando se halla sembrado, este tipo de cultivo puede ser cosechado en marzo o bien en abril (situación «c»). Las situaciones «d» y «e» corresponden al estado de cada lote durante los meses previos a su siembra. Los índices verdes bajos («d») corresponden a suelo desnudo o bien al rastrojo de un cultivo anterior. En cambio los NDVI mayores a 0.6 (situación «e») evidencian la preexistencia de un cultivo forrajero.

De esta manera, conociendo el comportamiento de cada tipo de cultivo de acuerdo a la evolución del NDVI a lo largo de su ciclo fenológico, se determinó la superficie ocupada por los mismos en el área de estudio. La figura 4 exhibe la distribución espacial de los cultivos invernales y la de los cultivos y verdeos de verano para la campaña agrícola 1998/ 1999. La superficie obtenida fue de 137459 has. de cultivos de invierno y 61179 has. de cultivos y verdeos de verano.

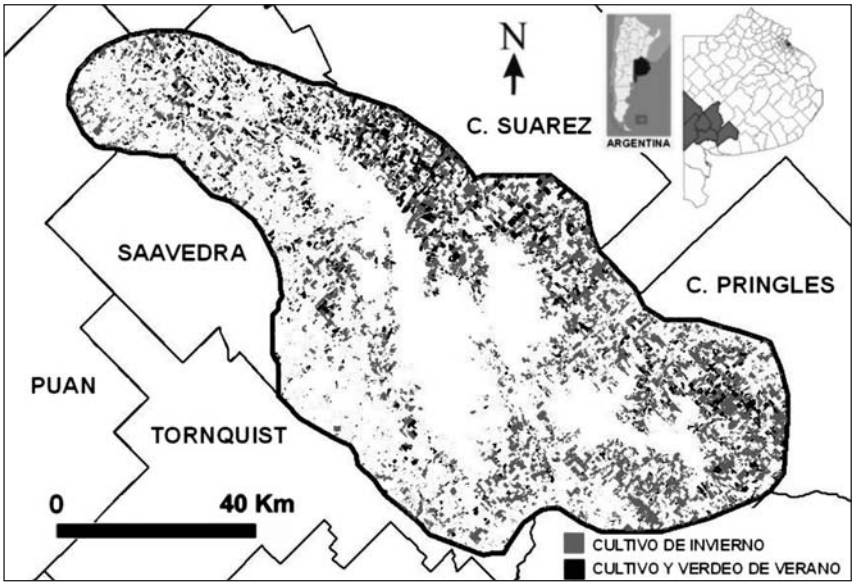


FIGURA 4: Distribución geográfica de los cultivos de invierno y de los cultivos y verdeos de verano en el área circundante al sistema Sierras de la Ventana, campaña agrícola 1998 / 1999.

La figura 5 presenta la distribución geográfica de dichos cultivos para la campaña 2006/ 2007 utilizando la misma metodología anterior. En este caso, las superficies determinadas fueron de 136782 has. y 117428 has. para cultivos de invierno y cultivos y verdeos de verano respectivamente. De la comparación de la superficie agrícola presente en ambas campañas en el área delimitada surge a primera instancia que la ocupada por cultivos de invierno prácticamente se mantuvo igual. Por el contrario, la superficie con cultivos y verdeos de verano experimentó un incremento de 56249 has, lo que representa un significativo 91,94 % de aumento.

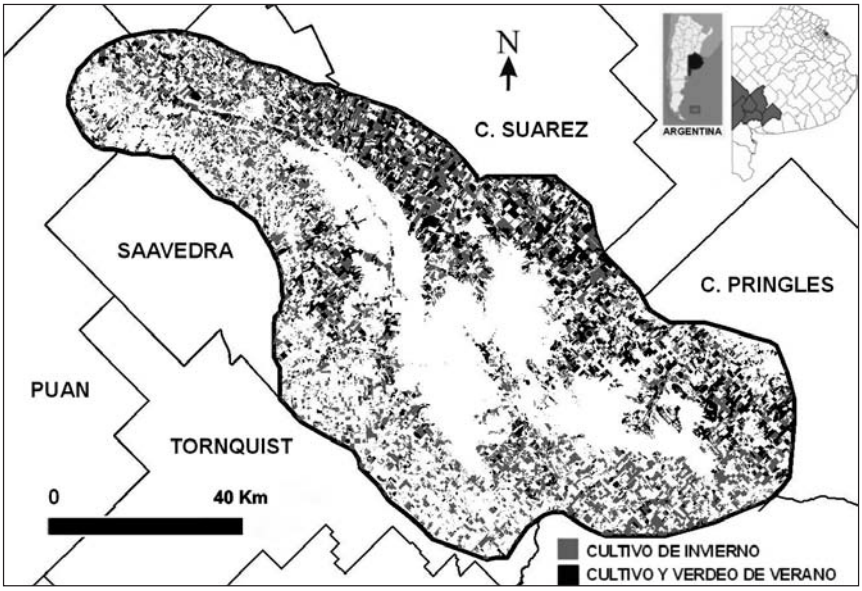


FIGURA 5: Cultivos de invierno y cultivos y verdeos de verano en el área adyacente al sistema Sierras de la Ventana, campaña agrícola 2006 / 2007.

No obstante, si se realiza la comparación anterior discriminando por partidos se advierten tendencias diferentes (Figura 6). Tomando el total de la superficie dedicada a la agricultura se aprecia en general un incremento en todos los partidos, especialmente en Saavedra y Tornquist. Allí, el aumento registrado asciende a 24216 has. y 13293 has. respectivamente, lo que se traduce en porcentajes de aumento del 53 % y 55,9 %. También es significativo el crecimiento en Coronel Suárez (13293 has, 23,4 %) y Puan (29,6 %, 2067 has, Figura 6). Por su parte Coronel Pringues y Adolfo Alsina registran porcentajes de aumento de la superficie con agricultura poco significativos (3,6 y 5 % respectivamente), aunque este último partido comprende una superficie estrecha dentro del área estudiada.

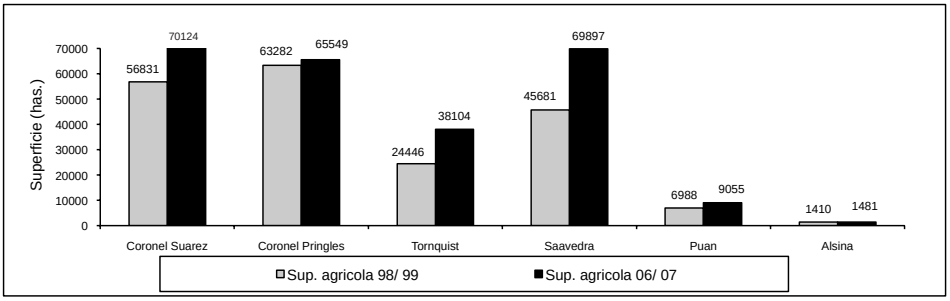


FIGURA 6: Superficie ocupada con agricultura durante las campañas 1998/ 1999 y 2006/ 2007 en el área de estudio por partidos.

Si se discrimina el incremento de la agricultura entre cultivos de invierno y cultivos y verdeos de verano, se advierten singulares diferencias entre los partidos involucrados. En Coronel Suárez y Coronel Pringles hay una disminución de la superficie con cultivos de invierno contrarestada por un considerable incremento de la de cultivos y verdeos de verano que alcanza el 98 % y 124 % respectivamente (Figura 7). En cambio en Tornquist y Saavedra se observa un incremento en ambos tipos de cultivo, aunque la superficie implantada es menor (Figura 8). En este último caso, los cultivos de invierno crecieron 38 % en Tornquist y 56,7 % en Saavedra. Sin embargo, aunque la superficie involucrada es inferior a los cultivos invernales, los cultivos y verdeos de verano alcanzaron incrementos de 128 % (Tornquist) y 48,7 % (Saavedra). Con una menor superficie cultivada aún, Puan sigue esta tendencia en los cultivos y verdeos de verano (202 % de aumento), aunque contrarestada por una leve disminución de los cultivos invernales (13,9 %, figura 9).

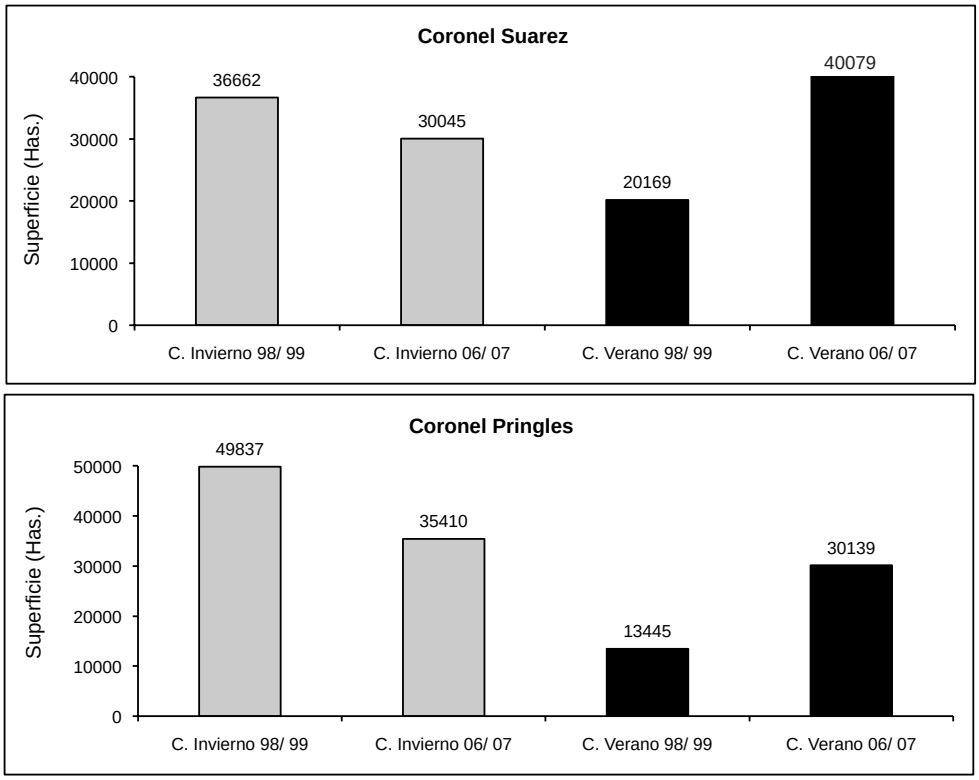
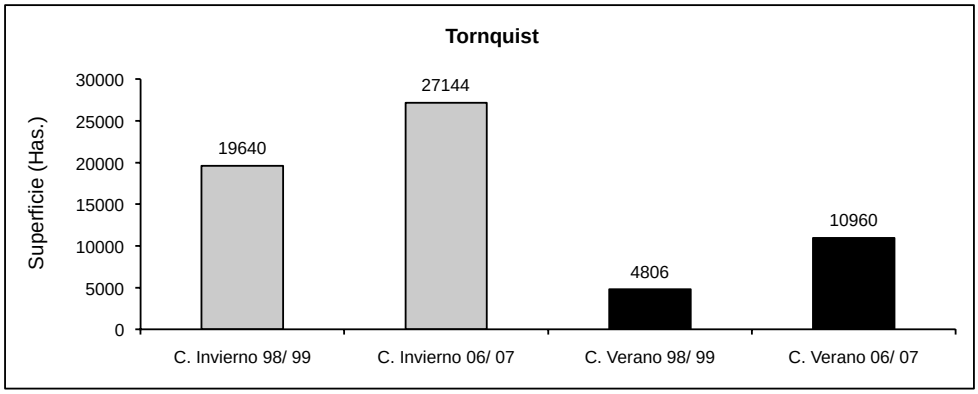


FIGURA 7: Evolución de la superficie con cultivos de invierno y cultivos y verdeos de verano —campañas 1998/ 1999 y 2006/ 2007— en Coronel Suárez y Coronel Pringles dentro del área de estudio.



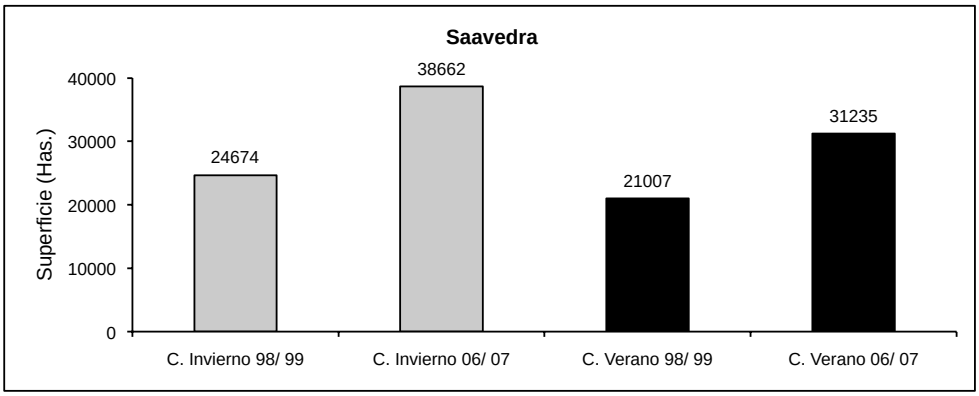


FIGURA 8: Superficie ocupada por cultivos y verdeos de verano y cultivos de invierno (campañas 1998/ 1999 y 2006/ 2007) en Tornquist y Saavedra dentro del área de trabajo.

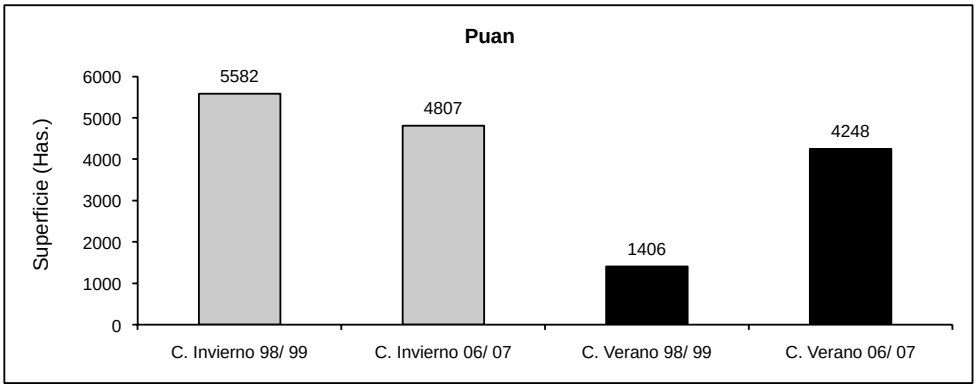


FIGURA 9: Variación de la superficie con cultivos y verdeos de verano y cultivos de invierno - campañas 1998/ 1999 y 2006/ 2007- en Puan dentro del área adyacente al Sistema Sierras de la Ventana.

5. Conclusiones

La discriminación de lotes ocupados por cultivos durante las campañas 1998/ 1999 y 2006/ 2007 y su posterior comparación demuestra que existe un incremento en la superficie dedicada a la actividad agrícola dentro del área delimitada en este trabajo. Dicho incremento asciende a **55.572 has.**, lo que se traduce en un aumento del **27,97 %** de dicha superficie.

Sin embargo, en líneas generales se observa que tal crecimiento es originado principalmente por los cultivos y verdeos de verano. Mientras que la superficie ocupada por cultivos de invierno alterna descensos e incrementos en cada uno de los partidos involucrados en la zona de trabajo, la ocupada por cultivos y verdeos de verano se ha incrementado en cada uno de ellos. Si bien no ha sido posible discriminar entre cada tipo de cultivo de verano, diversos relevamientos llevados a cabo en el área —sumados a la actual coyuntura nacional— demuestran que la principal protagonista de este crecimiento es la soja. Esto se condice con la significativa expansión de este cultivo en la República Argentina en los últimos años favorecido por el alza de los precios internacionales, las mejoras en la productividad merced a los cambios tecnológicos y a los tipos cambiarios altos.

7. Agradecimientos

Se agradece a la Comisión Nacional de Actividades Espaciales - CONAE por las imágenes satelitales provistas para este trabajo.

6. Bibliografía

CHUVIECO, E. (1996): *Fundamentos de Teledetección Espacial. Madrid. Rialp. 568 pp.*

DUDA, R.O. y HART, P.E. (1973): Pattern Classification and Scene Analysis. New York. John Wiley and Sons. 143 pp.

PAOLONI, J.D., VÁZQUEZ, R. y FIORENTINO, E.C. (1988): «La topografía y la Variación de las Precipitaciones y los Escurrimientos en el Sistema de Ventania». En *Actas de las Segundas Jornadas Geológicas Bonaerenses*, 651 - 661.

RADAR - RED AGROECONÓMICA DE ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS (2001): «Zonas Agroecológicas de RADAR, Boletines Informativos Nº 2 a 9». Convenio INTA - Bolsa de Cereales y Cámara Arbitral de Cereales de Bahía Blanca.

ROUSE, J.W., HAAS, R.H., SCHELL, J.A., DEERINO, D.W. y HARLAN, J.C. (1974): *Monitoring the Vernal Advancemente of Retrogradation of Natural Vegetation*. NASA/ OSFC. Final Report. Oreenbello MD. 371 pp.

SAGPYA - SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, PESCA Y Alimentos (2007): «El clima y la Agricultura Afectan la Producción de Miel». En Diario La Nación, Argentina, 17 de diciembre.

SATORRE, E.H. (2005): «Cambios Tecnológicos en la Agricultura Argentina Actual». Revista Ciencia Hoy 87, Vol. 15.

USGS - U.S. GEOLOGICAL SURVEY (2000): «Multi Resolution Land Characteristics 2000 Image Preprocessing Procedure». U.S.A. Department of Interior. 8 pp.