Potencialidades de las nuevas tecnologías en el agro pampeano

Compiladores:
Zinda Roberto
Mauricio Farrell
Lorena Carreño

Secretaría de Agroindustria
Ministerio de Producción y Trabajo
Presidencia de la Nación

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA
Centro Regional La Pampa-San Luis
Estación Experimental Agropecuaria Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas"

Potencialidades de las nuevas tecnologías en el agro pampeano / Roberto Zinda ... [et al.] ; compilado por Roberto Zinda ; Mauricio Farrell ; Lorena Carreño. - 1a ed. – Anguil, Buenos Aires : Ediciones INTA, 2018.

Versión impresa: 174 p. ; 28 x 20 cm.
ISBN 978-987-521-947-2

Versión digital: descarga y online
ISBN 978-987-521-949-6

1. Sistema de Información Geográfica. 2. Productividad. 3. Medio Ambiente. I. Zinda, Roberto II. Zinda, Roberto, comp. III. Farrel, Mauricio, comp. IV. Carreño, Lorena, comp.
CDD 526.0285

Diseño Gráfico
Dis. Gráf. Francisco Etchart

Impresión
Gustavo J. Moyano
Impreso en los talleres gráficos de la EEA INTA Anguil
"Ing. Agr. Guillermo Covas"

Tirada de 500 ejemplares
Octubre de 2018

EDICIONES INTA
Centro Regional La Pampa-San Luis
EEA INTA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas"
RN Nº5 Km 580, CP 6326, Anguil, La Pampa, Argentina

Lista de autores

En orden alfabético

Adema, Edgardo. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. adema.edgardo@inta,gob.ar

Alvarez, Cristian. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. Agencia de Extensión Rural General Pico. alvarez.cristian@inta.gob.ar

Aumassanne, Carolina. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. Agencia de Extensión Rural 25 de Mayo. aumassanne.carolina@inta.gob.ar

Avendaño, Walter Saul. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. Agencia de Extensión Rural 25 de Mayo. avendanio.walter@inta.gob.ar

Babinec, Francisco J. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de La Pampa. babinec.francisco@inta.gob.ar

Bargiano, Pablo. Consultor Externo. cubargiano@hotmail.com

Beget, María Eugenia. INTA. Instituto de Investigación Clima y Agua. beget.maria@inta.gob.ar

Bellini, Yanina. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. bellini.yanina@inta.gob.ar

Belmonte, María Laura. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. belmonte.maría@inta.gob.ar

Butti, Lucas. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. Agencia de Extensión Rural General Acha. butti.lucas@inta.gob.ar

Carreño, Lorena. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. carrenio.lorena@inta.gob.ar

Corro Molas, Andres. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. Agencia de Extensión Rural General Pico. corromolas.andres@inta.gob.ar

Cravero, Walter. Departamento de Física. Universidad Nacional del Sur. wcravero@uns.edu.ar

Di Bella, Carlos. INTA. Instituto de Investigación Clima y Agua. dibella.carlos@inta.gob.ar

Farrell, Mauricio. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. farrell.mauricio@inta.gob.ar

Fontanella, Dardo. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. Agencia de Extensión Rural 25 de Mayo. fontanella.dardo@inta.gob.ar

Frank, Ernesto. Jubilado investigador INTA. oscarfrank1951@gmail.con

Ghironi, Eugenia. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. Agencia de Extensión Rural General Pico. ghironi.eugenia@inta.gob.ar

Kovac, Federico. Facultad de Ingenieria Universidad Nacional de La Pampa. kovacf@gmail.com

Lambert, Marie-Julie. Université Catholique de Louvain. ambertmariejulie@gmail.com

Llorens, Enrique. Dirección de Extensión Agropecuaria del Gobierno de la Provincia de La Pampa. pastizalesdelapampa@gmail.com

Mariano, Roberto. CONICET. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de La Pampa. mariano.roberto@inta.gob.ar

Martinez Uncal, María Celeste. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de La Pampa. mcelemu@yahoo.com.ar

Martinez, Daniel. Consultor externo. †

Masseroni, María Lujan. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. Agencia de Extensión Rural 25 de Mayo. masseroni.maria@inta.gob.ar

Mendoza, Mario. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de La Pampa. mendoza@agro.unlpam.edu.ar

Mieza, Soledad. Facultad de Ingenieria. Universidad Nacional de La Pampa. smieza@ing.unlpam.edu.ar

Montoya, Jorgelina. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. montoya.jorgelina@inta.gob.ar

Oricchio, Patricio. INTA. Instituto de Investigación Clima y Agua. oricchio.patricio@inta.gob.ar

Pérez, María Micaela. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. perez.mariam@inta.gob.ar

Poey, Sol. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. Agencia de Extensión Rural Victorica. poey.sol@inta.gob.ar

Porfiri, Carolina. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. porfiri.carolina@inta.gob.ar

Roberto, Zinda. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. roberto.zinda@inta.gob.ar

Sartor, Paolo. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. Agencia de Extensión Rural 25 de Mayo. sartor.paolo@inta.gob.ar

Stefanazzi, Ivana. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. Agencia de Extensión Rural Victorica. stefanazzi.ivana@inta.gob.ar

Vazquez, Pablo. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. vazquez.pablo@inta.gob.ar

Viglizzo, Ernesto. CONICET - INCITAP. eviglizzo@gmail.com

Walas, Cristian. Agromax Aviación S.A. cwalas@gmail.com

Zamora, Damian. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. Agencia de Extensión Rural 25 de Mayo. zamora.carlos@inta.gob.ar

Prólogo

Disponer de Tecnologías de Información Geográfica, resulta hoy en día casi indispensable para la planificación y gestión territorial debido a sus amplias posibilidades de aplicación. Estas Geotecnologías, incluidas dentro de la disciplina de la "Geomática" permiten representar el mundo real, generando modelos digitales desarrollando cartografías asistidas por computadora, teledetección, sistemas de información geográfica, procesamiento digital de imágenes satelitales y sistemas de posicionamiento global. Es una disciplina que engloba a las Geociencias, con la integración y aplicación de tecnologías de la información y la comunicación, posibilitando la captura, procesamiento, análisis, interpretación, almacenamiento, modelización, aplicación y difusión de información digital georreferenciada, aplicada en diferentes ámbitos del territorio.

La información generada en este libro ha sido desarrollada en el ámbito de la provincia de La Pampa en problemáticas asociadas a los territorios circunscriptos en los proyectos regionales con enfoque territorial (PRET). El abordaje contempla aspectos productivos, medioambientales, cambio climático y socioeconómico en escalas regionales, locales y prediales utilizando las herramientas propias acordes de resolución. El contenido de este libro es un trabajo conjunto entre profesionales del INTA Anguil, INTA Castelar, UNLPam, UNS, Gobierno de la Provincia de La Pampa y Asesores privados. En el primer capítulo se abordan conceptos de las nuevas tecnologías como SIG, escala, GPS y una discusión de servicios y aplicaciones. En el segundo capítulo se presentan en detalle los casos de estudio referidos al sector agropecuario. Se describen, 8 casos de estudio a nivel predial sobre cultivos por ambientes o sitio especifico y 5 casos a nivel local donde se presenta información sobre calidad, uso y monitoreo de agua. Asimismo se revisan, a nivel regional 5 casos sobre estudio, monitoreo y modelado de distintos procesos en la provincia de La Pampa. La aplicación de estas herramientas tendrá un impacto en la toma de decisiones a diversas escalas orientadas al desarrollo sustentable y al ordenamiento territorial.

Dr. Jesús Pérez Fernández
Director de la EEA INTA Anguil

Indice

CAPITULO 1
INTRODUCCIÓN A LAS NUEVAS TECNOLOGIAS 9
Algunos conceptos 11

CAPITULO 2
ESTUDIOS DE CASO EN EL SECTOR AGROPECUARIO 31
Nivel Predial: Caso 1. Uso de sensores remotos para la determinación de la productividad por ambientes del cultivo de alfalfa en el área de regadío de 25 de Mayo, La Pampa 33

Nivel Predial: Caso 2. Control sitio especifico de enfermedades en girasol 39

Nivel Predial: Caso 3. Metodología de muestreo para el seguimiento de pasturas y cultivos mediante fotografía digital 47

Nivel Predial: Caso 4. Uso de indices espectrales en la detección de las caracteristicas de los cultivos en ambientes delimitados por diferentes caracteristicas edaficas 55

Nivel Predial: Caso 5. Análisis espacio-temporal en la productividad de los cultivos en la Región Semiárida Pampeana 61

Nivel Predial: Caso 6. Efecto de la fertilización nitrogenada sitio-específico de maíz tardío en la Región Semiárida Pampeana 67

Nivel Predial: Caso 7. Uso de la topografía local en la determinación de ambientes intra-lote para agricultura de precisión 73

Nivel Predial: Caso 8. Variabilidad edáfica y su implicancia en la producción del cultivo de alfalfa bajo riego 85

Nivel Local: Caso 1. Calidad de agua para uso ganadero bovino para los departamentos Chalileo y Limay Mahuida (La Pampa) 93

Nivel Local: Caso 2. Sistema de Información Geográfica como base para la gestión y planificación del area bajo riego "El Sauzal", La Pampa 103

Nivel Local: Caso 3. Monitoreo de campos inundados al noreste de la provincia de La Pampa 109

Nivel Local: Caso 4. Cuenca del Río Colorado en La Pampa: mapas de aptitud de suelos para diferentes cultivos agrícolas 117

Nivel Local: Caso 5. Vulnerabilidad de acuíferos a la contaminación por plaguicidas en la zona agrícola de la provincia de La Pampa 123

Nivel Regional: Caso 1. Estudio de la cobertura de nieve en la cuenca del Río Colorado mediante información satelital 129

Nivel Regional: Caso 2. Actualización del mapa digital de fisonomia vegetal de la provincia de La Pampa 135

Nivel Regional: Caso 3. Mapas digitales de precipitación para la provincia de La Pampa 143

Nivel Regional: Caso 4. Modelado y predicción de la productividad neta de forraje en el árido-semiárido de la provincia de La Pampa 153

Nivel Regional: Caso 5. Modelado del proceso de lignificación en la provincia de La Pampa 161

Aumassanne, C.; Beget, M. E.; Oricchio, P. y Di Bella, C.

Nivel Regional: Caso 1

Estudio de la cobertura de nieve en la Cuenca del Río Colorado mediante información satelital

RESUMEN

En cuencas de régimen nival, como la del río Colorado (Argentina), las variaciones espaciales y temporales de la cobertura de nieve afectan a la disponibilidad de los recursos hídricos. Su estudio permite comprender el funcionamiento del sistema hidrológico, realizar una planificación y un manejo integral del agua a nivel de la cuenca, entre otros. La información derivada de sensores remotos complementa aquella provista por estaciones meteorológicas, y a su vez permite el seguimiento de grandes extensiones de territorio de forma permanente, objetiva y económica. En este trabajo se utilizó un producto derivado de imágenes satelitales provistas por el sensor MODIS (MOD10A2), con el objetivo de evaluar el área cubierta por nieve y su variación espacio-temporal en la cuenca alta del río Colorado. El área de estudio correspondió a las subcuencas de los ríos Grande y Barrancas, donde se encuentran los principales afluentes en zonas de alta cordillera. Se analizó la serie años 2003 a 2013, en el período comprendido entre el 23 de abril y el 17 de noviembre de cada año (27 fechas). Los resultados muestran una tendencia de disminución de la extensión de la cubierta de nieve a partir del año 2005, lo cual se ve reflejado en la disminución del derrame anual de los ciclos hidrológicos posteriores (R^2=0,82). Asimismo, el año 2005 presenta la mayor cobertura (2914,56 km2) en la serie de años analizada, la mayor parte del año (de 25 a 27 fechas), que pertenece principalmente a la cuenca del río Grande. La metodología utilizada permitió identificar zonas que en la mayor parte del tiempo analizado se encontraban cubiertas por nieve y zonas con mayores variaciones temporales (interanual e intranual).

Palabras clave: manejo de cuenca, MODIS, MOD10A2, teledetección

INTRODUCCIÓN

En cuencas de régimen nival, las variaciones espaciales y temporales de la cubierta de nieve afectan a la disponibilidad de agua para toda la cuenca, dado que el tamaño del área cubierta de nieve es un claro indicador de la magnitud de la cantidad de recursos hídricos almacenados (Martinec *et al.*, 1991; Baumgartner *et al.*, 1987). Parte de la precipitación de invierno se acumula como nieve en la cuenca alta, formando reservorios que durante los meses de primavera y verano conforman una porción importante en el escurrimiento del río. El área cubierta de nieve depende de una serie de factores que afectan la temperatura del manto y la radiación solar incidente, los que a su vez están condicionados por la pendiente, orientación y elevación de cada punto. El seguimiento de la extensión de la cubierta nival permite estimar con algunos meses de anticipación, el volumen de agua disponible para los diversos usos (urbano, agrícola, minero, entre otros) y así poder planificar y gestionar de manera integral los recursos hídricos a escalas regionales (Herms y Jorge, 2012).

Existen diversos métodos para cuantificar tanto la acumulación como la fusión de nieve pero en todos los casos se obtiene un dato puntual en el tiempo y el espacio (Lascano y Velasco, 2007). Por lo

tanto, el uso de datos provistos por redes meteorológicas no es suficiente en cuencas de grandes extensiones, dado que el número de puntos de medición en el territorio es bajo. La información derivada de la teledetección se presenta aquí como una interesante fuente complementaria de información para el seguimiento y estudio de grandes extensiones.

La cobertura de nieve se puede determinar a partir de las bandas del visible y del infrarrojo cercano, para lo cual existen varios sensores aplicados al estudio y monitoreo de los recursos naturales que operan en diferentes resoluciones espaciales y temporales (e.g. MODIS, Landsat TM, NOAA). Diversos autores han utilizado los productos de MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) en el seguimiento espacial y temporal de la cubierta de nieve en diferentes áreas de estudio (Ault *et al.*, 2006; Cea *et al.*, 2007; Wang *et al.*, 2008; Cartes, 2009; Dahri *et al.*, 2011; Herms y Jorge, 2012).

Dada la importancia de conocer la distribución del manto nival y su evolución temporal, en este trabajo se utilizó un producto derivado de imágenes satelitales provistas por el sensor MODIS (MOD10A2), con el objetivo de evaluar el área cubierta por nieve y su variación espacio-temporal en la cuenca alta del río Colorado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio comprende la cuenca alta del río Colorado. Éste nace por la confluencia de los ríos Grande y Barrancas, aproximadamente a los 36°52´19´´S y 69°45´34´´ O y recorre alrededor de 1.200 km atravesando parte de las provincias de Mendoza, Neuquén, Río Negro, La Pampa y Buenos Aires (Figura 1). El río Colorado tiene un derrame anual de 4.600 Hm3 y un caudal medio anual es de 138,8 m3/seg, presentando una marcada estacionalidad primavero-estival. Es un río de régimen nival, alimentado por la fusión de la nieve acumulada en la Cordillera Principal, en el área alta de las subcuencas de los dos principales afluentes (COIRCO, 2013). La superficie total bajo estudio es de 13.900 km2 que corresponde a la cuenca hidrológica activa y representa el 29 % de la superficie de toda la cuenca.

Hidrología de la cuenca

Se analizaron los valores de derrame anual del río Colorado para el período 2003-2013 de la Estación Buta Ranquil, que pertenece al Comité Interjurisdiccional del Río Colorado (COIRCO) por ser la primera estación de aforo luego de la confluencia de los río Grande y Barrancas (Figura 1). De www.coirco.gov.ar se obtuvieron los registros de

Figura 1. Ubicación del área de estudio, en la cuenca alta del río Colorado.

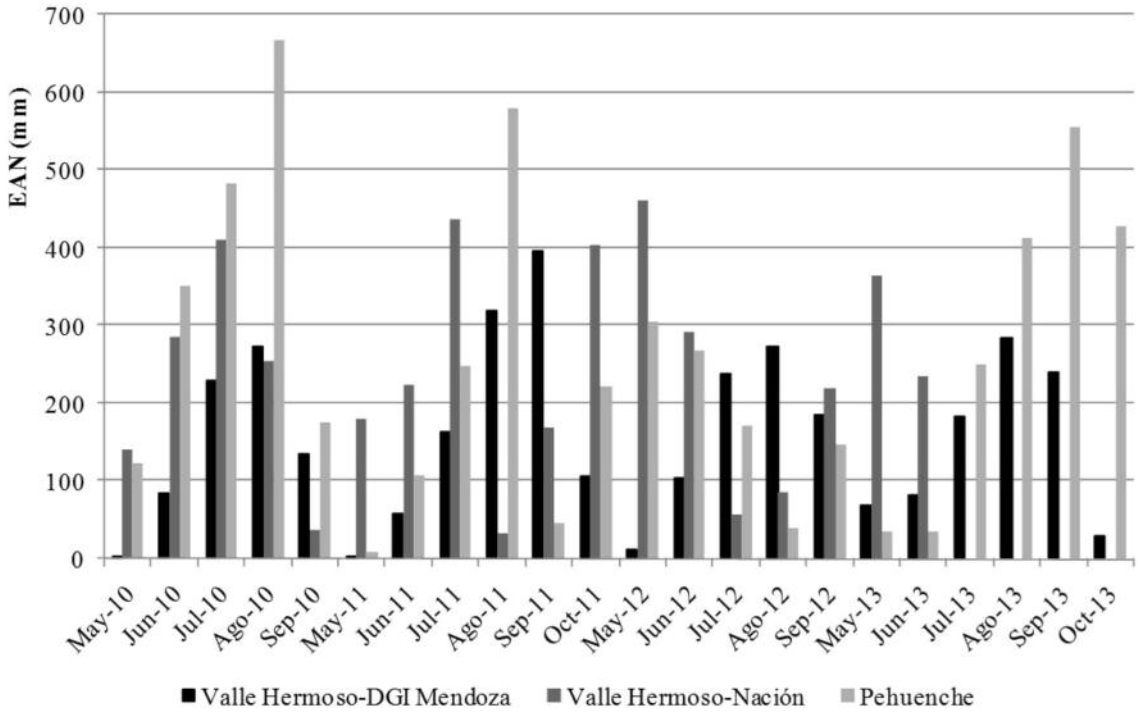

Figura 2. Equivalentes de agua en nieve (mm) de las estaciones nivológicas de la cuenca alta del río Colorado, desde mayo de 2010 a octubre de 2013.

equivalentes de agua en nieve (EAN) desde mayo el año 2010 a octubre de 2013, de las tres estaciones nivológicas ubicadas en la cuenca alta del rio Colorado (Figura 1): Paso Pehuenche (35°58´47,40´´S y 70°23´38,50´´O), Valle Hermoso-Departamento General de Irrigación de Mendoza, Valle Hermoso-Subsecretaría de Recursos Hídricos de Nación (35°08´32,10´´S y 70°12´05,60´´O). Los períodos de acumulación de nieve corresponden a los meses de mayo a octubre dependiendo del año, Figura 2. A partir de esta información se seleccionó el período de estudio y seguimiento de la cobertura de nieve mediante el producto de MODIS.

Determinación de la cubierta de nieve

Se utilizó el producto MOD10A2 (http://reverb.echo.nasa.gov), el cual muestra la extensión máxima de la cubierta de nieve en un compuesto de 8 días (Hall *et al.*, 2001; Hall *et al.*, 2006), con una resolución espacial de 500 metros. El valor de píxel indica de manera cualitativa la presencia o ausencia de nieve (0 nada, 25 dudoso, 50 nube y 200 nieve). La presencia de nieve en un píxel es registrada cuando para al menos uno de los 8 días se detecta. Se trata, por lo tanto, de una aproximación que maximiza la presencia de nieve. Se utilizaron las escenas h12v12 y h13v12, y se analizó la serie años 2003 a 2013, en el período comprendido entre el 23 de abril y el 17 de noviembre de cada año (27 fechas). La selección de dichas fechas se basa en el comportamiento observado de la cobertura de nieve en las tres estaciones nivológicas que se localizan en la cuenca alta (Figura 1; Figura 2).

Se agruparon las imágenes por fechas y por años, mediante el uso del software ERDAS 9.1; así se obtuvo un archivo por año de las diferentes fechas (en total 11 archivos que representan los 11 años -2003a2013- de 46 bandas cada uno que son las fechas julianas cada 8 días del producto MOD10A2) para poder identificar la marcha anual de la cobertura de nieve, y 46 archivos de las mismas fechas pero con los diferentes años para poder detectar si la fecha en cuestión siempre presentó nieve. Luego fue necesario conocer siempre la fecha de ocurrencia de nieve, para la cual se diseñó un algoritmo que indicara si había nieve y a qué fecha correspondía, asignándole el valor de esa fecha. Por último para cada año se agruparon las fechas o compuestos por clases, donde cada una de las clases contienen: al menos 3 fechas, de 4 a 6, de 7 a 9, de 10 a 12, 13 a 15, 16 a 18, 19 a 21, 22 a 24 y de 25 a 27 fechas. Posteriormente, se calculó el área de cada clase a

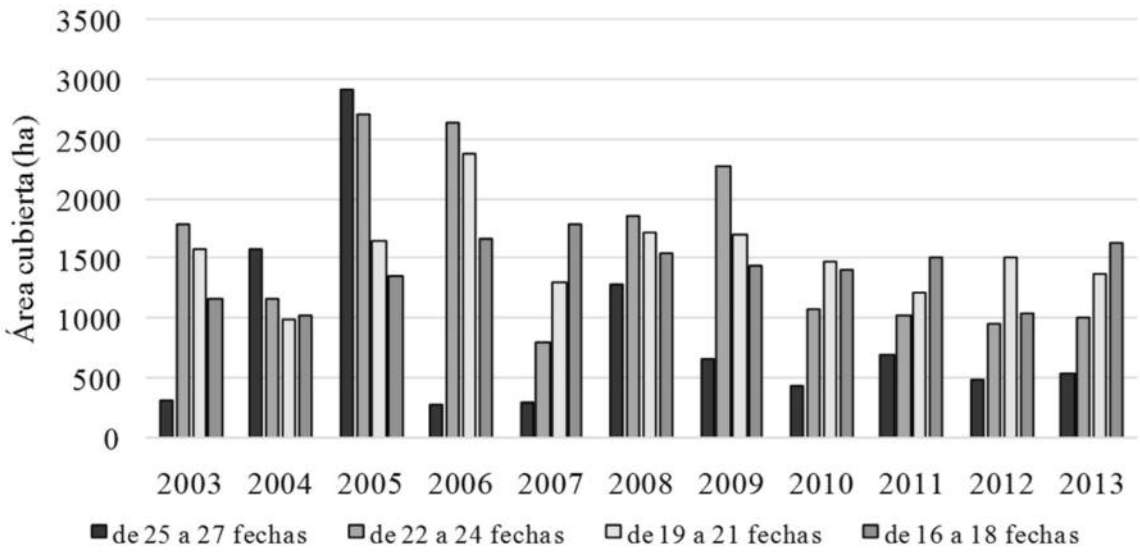

Figura 4. Área cubierta por nieve (has) para las mayores frecuencias de fechas analizadas, período 2003-2013.

partir de la cantidad de píxeles y se correlacionó con el derrame anual del río Colorado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cobertura de nieve en la cuenca del río Colorado es altamente variable en el espacio y el tiempo, Figura 3. Se pueden observar zonas de la cuenca en que la mayor parte del tiempo (25 a 27 fechas) están cubiertas por nieve (región oeste y norte) y otras donde la duración de la cobertura es más variable (centro y sur del área de estudio). Las áreas con mayor duración de cobertura corresponden a zonas de mayor altimetría y en su mayoría están situadas en la subcuenca del río Grande.

Para la serie de años analizada, el año 2005 fue el que presentó mayor cobertura de nieve, lo cual coincide con los mayores valores de derrames registrados por COIRCO durante el ciclo hidrológico 2005-2006 (7897 Hm3), ver Tabla 1. El año con menos cobertura fue el 2013, asociado a un derrame anual de 2500 Hm3. Se observa además una disminución de la cobertura desde el año 2009 hasta el último año bajo análisis. De todas las clases analizadas se encontró mayor variación en el área cubierta por nieve en la clase que comprende de 25 a 27 fechas acumuladas (Figura 4), con un coeficiente de variación de 92.68. Esta clase es de especial interés en este estudio, ya que son las zonas de mayor reservorio de agua, por presentar cobertura la mayor parte del tiempo, por lo que se trataría de una cobertura más permanente. El área cubierta con una frecuencia de 16 a 18 y 19 a 21 fechas por año, presentan menor variabilidad entre años, con un coeficiente de variación de 23.3 y 17.7 respectivamente, por lo que sería nieve más estable entre años.

Existe una relación directamente proporcional (R^2= 0,82) entre el derrame anual y el área cubierta por nieve (Figura 5) con la clase que contiene entre 22 a 24 fechas con cobertura. Por tanto, la reducción del área cubierta por nieve tiene efecto directo sobre el caudal del río, salvo en el caso del ciclo hidrológico 2006-2007, donde la cobertura de nieve (clase de 25 a 27 fechas) se ve reducida y su derrame tuvo valores altos (6851 Hm3, Tabla 1), lo que podría deberse a un efecto de tipo retardado por la acumulación de nieve en el ciclo anterior.

CONCLUSIONES

En cuencas de grandes extensiones, como la cuenca del río Colorado, donde además se suma la inaccesibilidad para la toma de datos sobre todo a fines del invierno y en primavera, la información derivada de sensores remotos es la única herramienta disponible para el seguimiento de la cobertura de nieve.

Existe alta variabilidad interanual e intra-estacional de cobertura de nieve en la cuenca alta del río Colorado. Con mayor cantidad de años analizados, complementados con información hidrológica y meteorológica se podrían generar pronósticos de

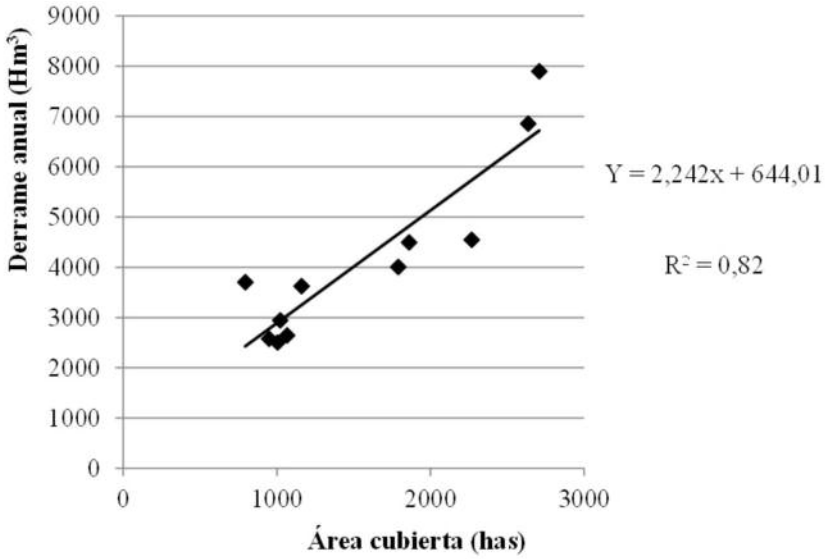

Figura 5. Relación del área cubierta por nieve (has) y el derramen anual (del río Colorado (Hm3), se considera el período julio de 2003-junio de 2014.

Tabla 1: Derrame anual (Hm3) y área cubierta por nieve (has) para los ciclos hidrológicos entre 20003 y 2014.

Ciclo Hidrológico	Derrame anual (Hm^3)	Area cubierta (has)
2003-2004	4006	1789
2004-2005	3623	1161
2005-2006	7897	2708
2006-2007	6851	2635
2007-2008	3702	795
2008-2009	4490	1860
2009-2010	4544	2267
2010-2011	2644	1066
2011-2012	2940	1022
2012-2013	2575	949
2013-2014	2500	1004

derrame y tendencias sobre cobertura de nieve en la cuenca activa del río Colorado. Se plantea la necesidad de ampliar y mejorar esta investigación, incluyendo datos sobre equivalentes de agua nieve y espesor de nieve, que puedan transformarse en volumen de agua, y otros datos como temperatura, radiación solar, precipitación.

Este modelo constituye una herramienta sencilla y práctica para el seguimiento espacial y temporal de la cobertura de nieve en tiempo real, que si bien no tiene en cuenta el espesor de nieve y densidad, la cobertura cuantificada por el modelo está asociada al derrame anual del río, sirviendo de base para la planificación y manejo integral del recurso hídrico

BIBLIOGRAFIA

• Ault, T. W, K.P. Czajkowski, T. Benko, J. Coss, J. Struble, A. Spongberg, M. Templin y C. Gross, (2006). Validation of the MODIS Snow Product and Cloud Mask Using Student and NWS Cooperative Station Observations in the Lower Great Lakes Region, Remote Sensing of Environment, 105(4):341-353.

• Baumgartner, M. F., Seidel, K., Martinec, J. (1987). Towards snowmelt runoff forecast based on multisensor remote sensing information. IEEE Trans, on Geoscience and Remote Sensing GE-2S, 746-75.

• Cartes, M.A. (2009). Pronóstico de volúmenes de deshielos mediante redes neuronales recurrentes e imágenes satelitales MODIS. Tesis Ms. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento De Ingeniería Civil. Universidad de Chile. Santiago de Chile.

• Cea, C., Cristóbal, J., Pons, X. (2007). Determinación de la superficie nival del Pirineo Catalán mediante imágenes Landsat y MODIS. En 7ª Semana de Geomática. Barcelona.

• COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado). (2013). Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado – Calidad del Medio Acuático. Informe Técnico. Comité Interjurisdiccional del Río Colorado, Secretaría de Energía de la Nación, Grupo Interempresario. Disponible en: www.coirco.com.ar

• Dahri, Z. H., Ahmad, B., Leach, J. H., Ahmad, S. (2011). Satellite-Based Snowcover Distribution and Associated Snowmelt Runoff Modeling in Swat River Basin of Pakistan. En Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences, 48 (1): 19–32.

• Hall, D. K., Riggs, G. A., Salomonson, V. V. (2001). Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) for the MODIS Snow and

Sea Ice-Mapping Algorithms. Disponible en: http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod10.pdf
• Hall, D. K., Riggs, G. A., Salomonson, V.V. (2006). MODIS/Terra Snow Cover Daily L3 Global 500 m Grid V005, Updated Daily. National Snow and Ice Data Center.
• Herms, I., Jorge, J. (2012). "Variación anual e interanual del manto nivoso en el Port del Compte-Serra del Cadí a partir de imágenes MODIS". XV Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica. Madrid.
• Lascano, M. E., Velasco, I. (2007). Estimación de cobertura de nieve en los Andes Centrales con datos NOAA-AVHRR. Cuencas de los ríos Colorado y Neuquén. www.infraestrura.com.ar
• Martinec, J., Seidel, K., Burkart, U., Baumann, R. (1991). Areal modelling of snow water equivalent based on remote sensing techniques. In XX General Assembly IUGG in Vienna 1991, IAHS-IUFRO Symposium Snow, Hydrology and Forests in High Alpine Areas, pages 121–129. IAHS Publication No. 205.
• Wang, X., H. Xie, and T. Liang. (2008). Evaluation of MODIS snow cover and cloud mask and its applications in northern Xinjiang, China. Remote Sensing of Environment, 112(4): 1497-1513.