

MAPAS DIGITALES REGIONALES DE LLUVIAS, ÍNDICE ESTANDARIZADO DE PRECIPITACIÓN E ÍNDICE VERDE

Por Carlos Merg, Daniel Petri, Fernando Bodoira, Martín Nini, Matías Fernández, Federico Schmidt, Rodolfo Montalva, Leonardo Guzmán, Karina Rodríguez, Fernando Blanco y Federico Selzer

fbodoira@yahoo.com.ar - carlosmerg@gmail.com
Departamento Provincial de Aguas - Río Negro

RESUMEN

El Departamento Provincial de Aguas de Río Negro tiene entre sus funciones la planificación, compatibilización de usos y realización del inventario de los recursos hídricos. Para cumplir con ellas cuenta con una red de medición y utiliza distintas herramientas de apoyo, entre ellas imágenes satelitales. Si bien distintas Organizaciones elaboran excelentes mapas regionales, la mayoría abarca solo la Región Pampeana. Por ello con fines propios y pedidos de apoyo a otras Organizaciones Provinciales y Regionales, se elaboran mapas con las variables básicas, como son Lluvias Mensuales, Índice Estandarizado de Precipitación e Índice Verde. El Índice Estandarizado de Precipitación (IPE) se utiliza para evaluar la ocurrencia de déficit o excesos significativos de precipitación en una región, a diferentes escalas de tiempo. Este indicador, se encuentra dentro del grupo de los utilizados para realizar los pronósticos de alerta temprana de sequía. En este sentido el DPA brinda una herramienta más para la toma de decisiones. Dentro de la escala temporal de cálculo del IPE los mapas publicados por el organismo se corresponden con 3, 6 y 12 meses, en los cuales se tiene información que puede ser utilizada para fines agronómicos y/o para evaluar la recarga de acuíferos y determinación de escurrimientos superficiales. Para el cálculo del IEP se cuenta con registro de precipitaciones de alrededor de 30 estaciones, cuyas series llegan a 25 o más años de registro. La distribución espacial de las mismas abarca toda la provincia. El Índice Diferencial de Vegetación Normalizado (NDVI) permite estimar el estado de la vegetación a partir de medidas espectrales tomadas por los satélites. Este índice, al ser un estimador de la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación, permite, asociado a valores de precipitación y temperatura, evaluar el estado hídrico y su impacto en el desarrollo de la vegetación, lo cual es una herramienta muy importante para la actividad agrícola-ganadera que se desarrolla en la provincia. Las determinaciones se realizan a partir de imágenes MODIS, provistas por CONAE, donde se determinan valores medios mensuales, a partir de la conformación de un promedio de tres imágenes para ese período. Los datos obtenidos permiten verificar las variaciones mensuales e históricas del mismo. En este trabajo se describe la metodología utilizada para la elaboración y distribución de los mapas.

Palabras clave: Mapas digitales; SIG; GIRH.

REGIONAL DIGITAL MAPS OF RAINFALL, STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX AND VEGETATION INDEX

ABSTRACT

Some of the functions of the Departamento Provincial de Aguas (DPA) de Río Negro are the planification, the compatibility of uses and the inventory of water resources. In order to performed them it counts with a measurement network and uses various support tools, including satellite images. While different Organizations make excellent regional maps, most cover only la región pampeana. That´s why with own purposes and requests for support to other Provincial and Regional Organizations, maps are produced with the basic variables such as Monthly Rainfall, Standardized Precipitation Index and Vegetation Index. The Standardized Precipitation Index (PSI) is used to evaluate the occurrence of significant deficit or excess of precipitation in a region at different time scales. This indicator is within the group used to make forecasts for early warning of drought. In this sense, the DPA provides another tool for decision making. Joint to the time scale for calculating the IPE, maps published by the DPA correspond to 3, 6 and 12 months, which have information that can be used for agricultural purposes and to assess groundwater recharge and determination of surface runoff. To calculate the IPE we record rainfall of about 30 stations, whose series reach 25 or more years of registration. The spatial distribution of these covers the whole province. Measurements are made from MODIS images, provided by CONAE, which determines the average monthly values, from the formation of an average of three images for that period. The data obtained allow us to verify monthly and historical variations thereof. This work describes the methodology used for the production and distribution of maps.

Key words: Digitals maps; SIG; GIRH.

INTRODUCCIÓN

El Departamento Provincial de Aguas de Río Negro tiene entre sus funciones la planificación, compatibilización de usos y realización del inventario de los recursos hídricos. Para cumplir con ellas cuenta con una red de medición hidrometeorológica y utiliza distintas herramientas de apoyo, entre ellas imágenes satelitales. Si bien distintas Organizaciones elaboran excelentes mapas regionales, la mayoría abarca solo la Región Pampeana. Debido a esto, por iniciativa propia y por pedidos de apoyo a otras Organizaciones Provinciales y Regionales, el organismo comenzó a realizar mapas regionales que abarquen la Provincia de Río Negro y provincias aledañas, con ciertas variables básicas, como son Lluvias Mensuales, Índice Estandarizado de Precipitación e Índice Verde.

MAPAS DIGITALES REGIONALES

Mapa de Lluvias

El organismo cuenta con una red de medición pluviométrica distribuida en la provincia de Río Negro, con estaciones automáticas comunicadas vía telefónica y celular, y estaciones tradicionales con observadores locales. Dicha información es recolectada, procesada y almacenada en gabinete. Para completar el área de interés se toman además estaciones pluviométricas de distintos organismos, de manera de lograr una densidad espacial de datos aceptable para la generación de mapas regionales de lluvias mensuales. Los mapas regionales de precipitación se construyeron usando la técnica geoestadística de interpolación de Kriging a partir de datos puntuales de cada estación.

Los rangos de precipitación utilizados en el mapeo fueron escogidos de manera de poder representar la enorme variabilidad que presenta este fenómeno en la provincia, con precipitaciones pequeñas (del orden de unos pocos milímetros) en la zona centro sur y centro norte de la provincia; y valores elevados en la región cordillerana (donde son comunes precipitaciones mayores a los 100 mm.)

Mapa de Índice Estandarizado de Precipitación

El Índice Estandarizado de Precipitación se utiliza para evaluar la ocurrencia de déficit o excesos significativos de precipitación en una región, a diferentes escalas de tiempo. Este indicador se encuentra dentro del grupo de los utilizados para realizar los pronósticos de alerta temprana de sequía. En este sentido el DPA brinda una herramienta más para la toma de decisiones. Fue desarrollado por McKee y otros en 1993, con la finalidad de mejorar la detección del inicio de las sequías meteorológicas (definición de sequía en función de la precipitación, únicamente, sin considerar la temperatura ni las variables del suelo) y su ulterior monitoreo (McKee et al., 1993; McKee et al., 1995)

El cálculo del IPE se hace en dos etapas

- En la primera, se ajusta una distribución teórica (generalmente la Gamma de dos parámetros) a la serie de precipitación usada como serie de referencia (el período considerado conveniente es de 30 años o mas). En este caso se utilizaron series pluviométricas de distintos

puntos de la provincia, previamente rellenadas y/o extendidas según sea el caso; considerando además algunas estaciones de provincias aledañas a modo de condición de borde para el cálculo.

- En la segunda, los parámetros de la distribución ajustada se usan para convertir la serie de precipitación de interés en una distribución normal estandarizada, con media 0 y varianza 1, en cuya abscisa se encuentra el IPE. Los valores negativos indican déficit y los positivos, exceso.

La serie de precipitación de interés depende de la escala de tiempo elegida. Por ejemplo, el IPE de 1 mes correspondiente a enero surge de considerar la serie de referencia de totales de precipitación de todos los eneros, en tanto que el IPE de 3 meses, para el mismo mes, se calcula en base a la serie de referencia de totales de precipitación de los trimestres que finalizan en enero, es decir, noviembre, diciembre y enero. Así sucesivamente, la escala puede ampliarse según sean los meses previos al actual que se vayan incorporando.

El IPE es apropiado para cuantificar los déficit o excesos de precipitación en múltiples escalas temporales, razón por la cual es apto para el estudio de sequías cortas (pero importantes para la agricultura) o muy prolongadas (relevantes para evaluar la disponibilidad de agua subterránea, la escorrentía y los niveles de lagos o reservorios de agua). Así, la sequía agronómica ha podido ser bien representada por el IPE a escalas de 3 meses, mientras que la escorrentía en los flujos de agua ha sido bien descrita por medio del IPE a escalas de 6 meses. Del mismo modo, se han encontrado fuertes relaciones entre el IPE a escalas de 6 a 24 meses y la variación del nivel de la napa freática.

De acuerdo con su valor, el IPE puede clasificarse de acuerdo con lo indicado en la tabla 1 que se muestra a continuación:

Tabla N° 1: Clasificación del Índice Estandarizado de Precipitación

CLASIFICACIÓN DEL IPE		
IPE	PERÍODO	FRECUENCIA TEÓRICA DE OCURRENCIA
-2.00 o menor	Extremadamente Seco (sequía extrema)	1 en 50 años
-1.50 a -1.99	Muy Seco (sequía severa)	1 en 20 años
-1.00 a -1.49	Moderadamente Seco (sequía moderada)	1 en 10 años
-0.5 a -0.99	Ligeramente Seco	1 en 3 años
0.49 a -0.49	Normal	
0.50 a 0.99	Ligeramente Húmedo	1 en 10 años
1.00 a 1.49	Moderadamente Húmedo (exceso moderado)	
1.50 a 1.99	Muy Húmedo (exceso severo)	1 en 20 años
2.00 o mayor	Extremadamente Húmedo (exceso extremo)	1 en 50 años

Ventajas principales

- ✓ Simplicidad de cálculo, dado que esta basado solamente en la precipitación.
- ✓ Puede ser calculado para escalas de tiempo variables, lo cual lo hace aplicable en el ámbito de la meteorología, agricultura e hidrología superficial y subterránea. Esta versatilidad temporal es particularmente útil en el análisis de la dinámica de la sequía (al igual que la de los períodos con excesos hídricos), especialmente en la determinación del comienzo y el fin de estos episodios, lo que es difícil de reconocer por medio de otros índices.
- ✓ Su estandarización, lo que asegura que la frecuencia de los eventos extremos en cualquier localidad y en cualquier escala de tiempo sea consistente.
- ✓ Por ser un índice muy usado en el mundo, permite el seguimiento, vía Internet, de las condiciones hídricas imperantes en zonas agropecuarias de interés.

Potenciales desventajas

× Depende de la calidad de los datos de precipitación utilizados. Datos erróneos conducen a IPE erróneos.

× Existe limitación del IPE debido a su naturaleza estandarizada del mismo, es decir que los eventos extremos (secos o húmedos) tienen la misma probabilidad de ocurrencia en cualquier lugar.

× No es capaz de identificar regiones que son más propensas que otras a la ocurrencia de estos tipos de episodios extremos.

× Pueden surgir problemas cuando el IPE es empleado en las escalas de tiempo más cortas (1, 2 ó 3 meses), en regiones de baja precipitación estacional. En estos casos, pueden ocurrir valores positivos (o negativos) altos que son susceptibles de ser erróneamente interpretados. En estas situaciones, un acabado conocimiento de la climatología de estas regiones mejora la interpretación del IPE.

Para cualquier escala temporal, un período seco comienza cuando el IPE se hace negativo por primera vez y finaliza cuando se torna positivo. En el caso que el IPE sea continuamente negativo y alcance el valor -1 ó menor, se considera que la deficiencia de agua es suficientemente importante como para definir una "sequía meteorológica". La misma puede alcanzar distinta severidad en las diferentes escalas temporales.

Del mismo modo, para cualquier escala temporal, un período húmedo comienza cuando el IPE se hace positivo por primera vez y finaliza cuando se torna negativo. En el caso que el IPE sea continuamente positivo y alcance el valor 1 ó mayor, se considera que el exceso de agua es significativo. El mismo puede alcanzar distinta severidad en las diferentes escalas temporales.

Mapa de Índice de Vegetación Normalizado (NDVI)

Un Índice de Vegetación puede ser definido como un parámetro calculado a partir de los valores de la reflectancia a distintas longitudes de onda, y es particularmente sensible a la cubierta vegetal. (Gilbert, 1990) Estos índices no miden directamente productividad ni disponibilidad forrajera, pero tienen una estrecha relación con estas variables, lo que permite utilizarlos para análisis regionales. Es decir, que los cambios del índice de vegetación permiten decir si un determinado mes o año es mejor o peor respecto al valor histórico.

El utilizar estos índices tiene su fundamento en el particular comportamiento radiométrico de la vegetación. Una cubierta vegetal en buen estado de salud, tiene una firma espectral que se caracteriza por el contraste entre la banda del rojo (entre 0,6 y 0,7 μm .), la cual es absorbida en gran parte por las hojas, y el infrarrojo cercano (entre 0,7 y 1,1 μm .), que es reflectada en su mayoría. Esta cualidad de la vegetación permite la realización de su valoración cualitativa.

El Índice de Vegetación Diferencial Normalizado se calcula mediante la siguiente expresión (Ecuación N° 1):

$$NDVI = \frac{(IRC - R)}{(IRC + R)} \quad \text{Ec. N° 1: NDVI}$$

donde IRC es la reflectividad en el infrarrojo cercano y R es la reflectividad en el rojo.

El rango de valores de las reflexiones espectrales se encuentra entre el 0 y el 1; ya que, tanto la reflectividad del infrarrojo cercano como la del rojo, son cocientes de la radiación

reflejada sobre la radiación entrante en cada banda espectral. Por consecuencia de estos rangos de valores, el NDVI varía su valor entre -1 y 1.

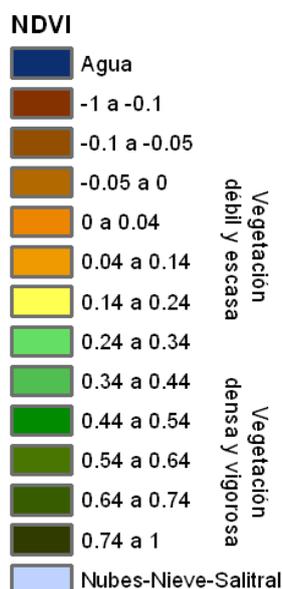
Respecto a otros índices de vegetación más complejos, el NDVI tiene las ventajas de tener una gran sencillez de cálculo y de facilitar la interpretación directa de los parámetros biofísicos de la vegetación. Además permite la comparabilidad entre datos obtenidos por diferentes investigadores. Por otro lado tiene el inconveniente de que posee poca capacidad de minimizar la influencia del suelo desnudo y de la atmósfera (Valor y Caselles, 1996)

El NDVI permite identificar la presencia de vegetación verde en la superficie y caracterizar su distribución espacial así como la evolución de su estado a lo largo del tiempo. Esto está determinado fundamentalmente por las condiciones climáticas. La interpretación del índice debe asimismo considerar los ciclos fenológicos y de desarrollo anuales para distinguir oscilaciones naturales de la vegetación de los cambios en la distribución temporal y espacial causados por otros factores (Di et al., 1994)

- El agua tiene reflectancia $R > IRC$, por lo tanto valores negativos de NDVI.
- Las nubes presentan valores similares de R y IRC , por lo que su NDVI es cercano a 0.
- El suelo descubierto y con vegetación rala presenta valores positivos aunque no muy elevados.
- La vegetación densa, húmeda y bien desarrollada presenta los mayores valores de NDVI.

Así pues, los valores del NDVI indican la vigorosidad de la vegetación de acuerdo con la siguiente tabla (Tabla N° 2: Clasificación del NDVI)

Tabla N° 2: Clasificación del NDVI



El NDVI posee un gran valor en términos ecológicos, ya que es un buen estimador de la fracción de la radiación fotosintéticamente activa interceptada por la vegetación, la productividad primaria, y una variable integradora del funcionamiento del ecosistema (Paruelo et al, 1997)

Las determinaciones son realizadas a partir de imágenes MODIS, provistas por CONAE, habiendo escogido aquellas que presentaban la menor cantidad de nubes en la zona de la provincia de Río Negro y provincias aledañas.

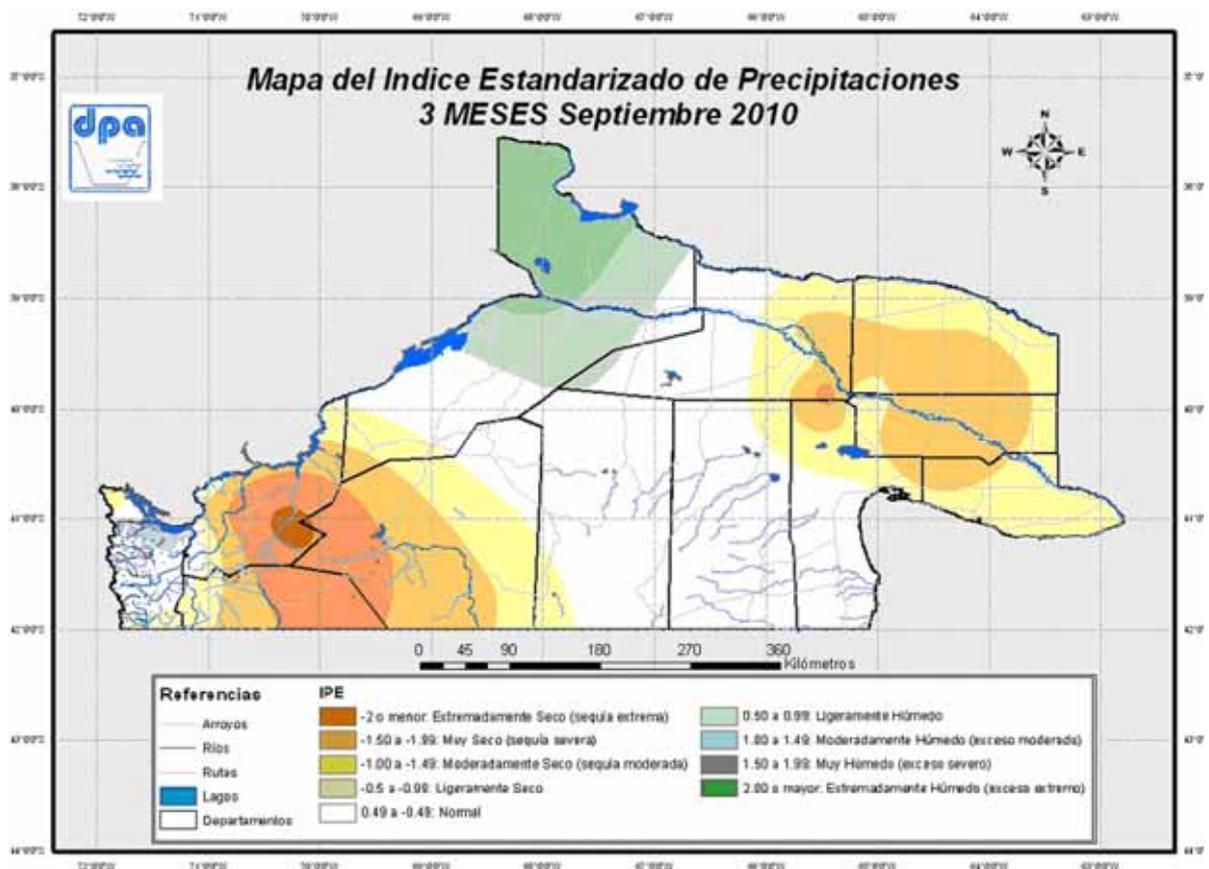
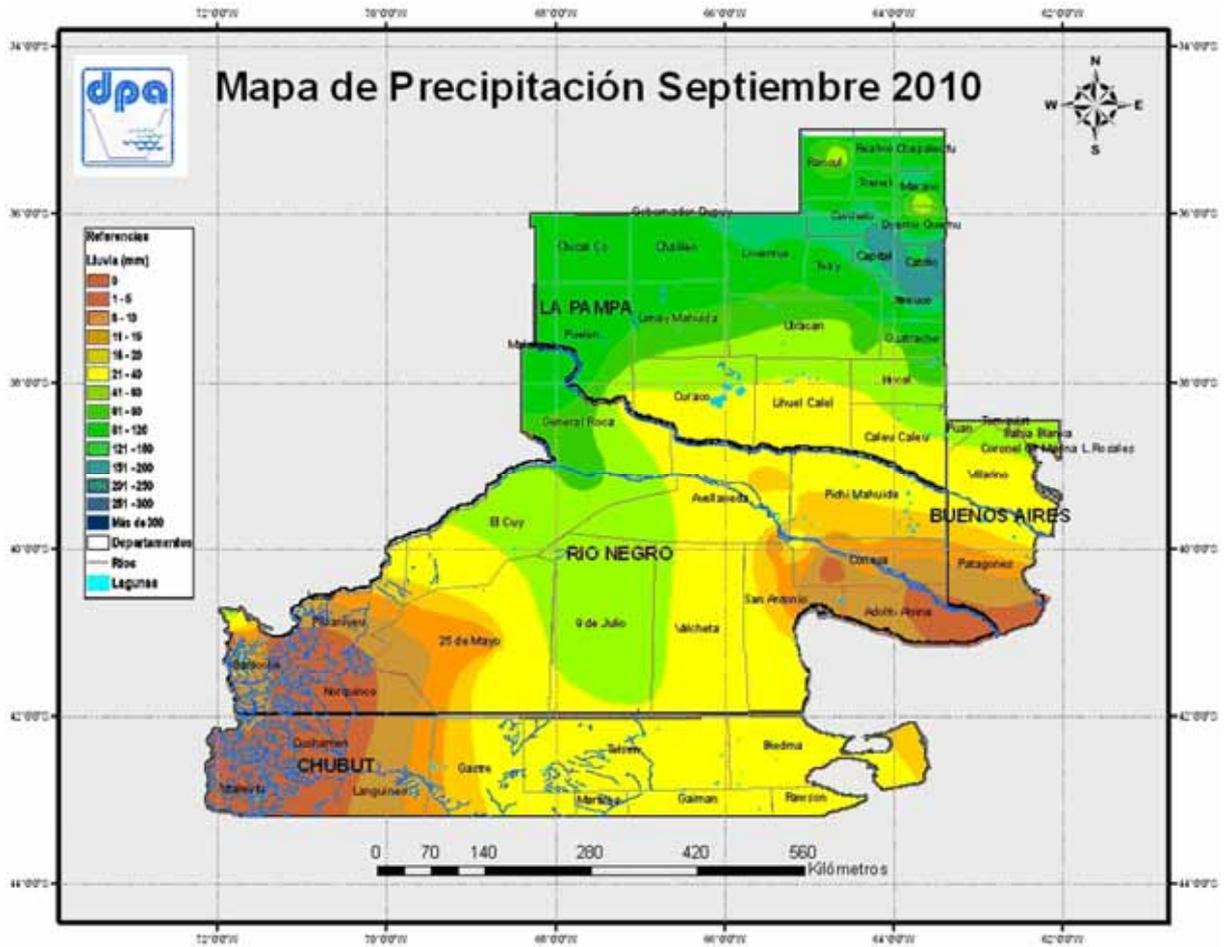
Las imágenes fueron georreferenciadas, escogiendo el sistema Posgar 94 Zona 3. Las nubes fueron parcialmente filtradas analizando su reflectancia en las bandas de interés (Simpson y

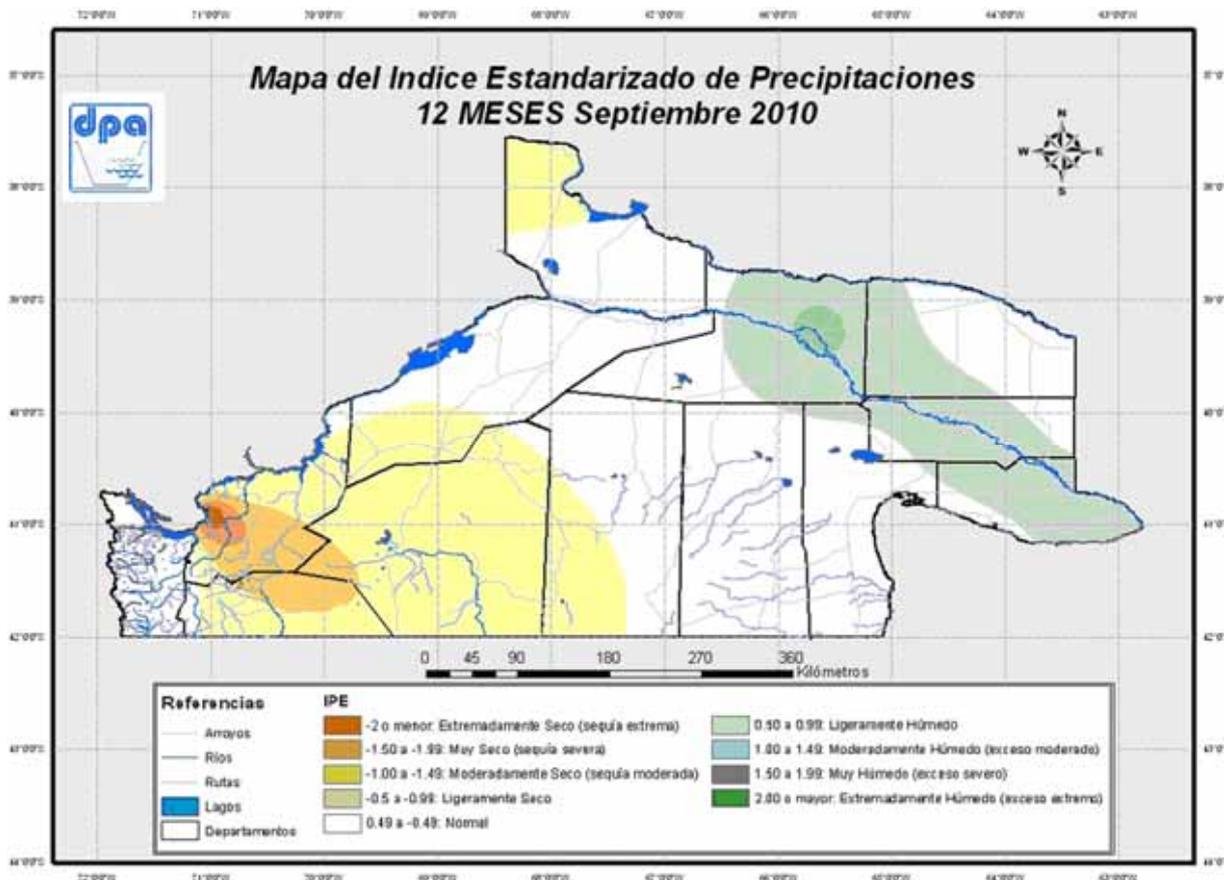
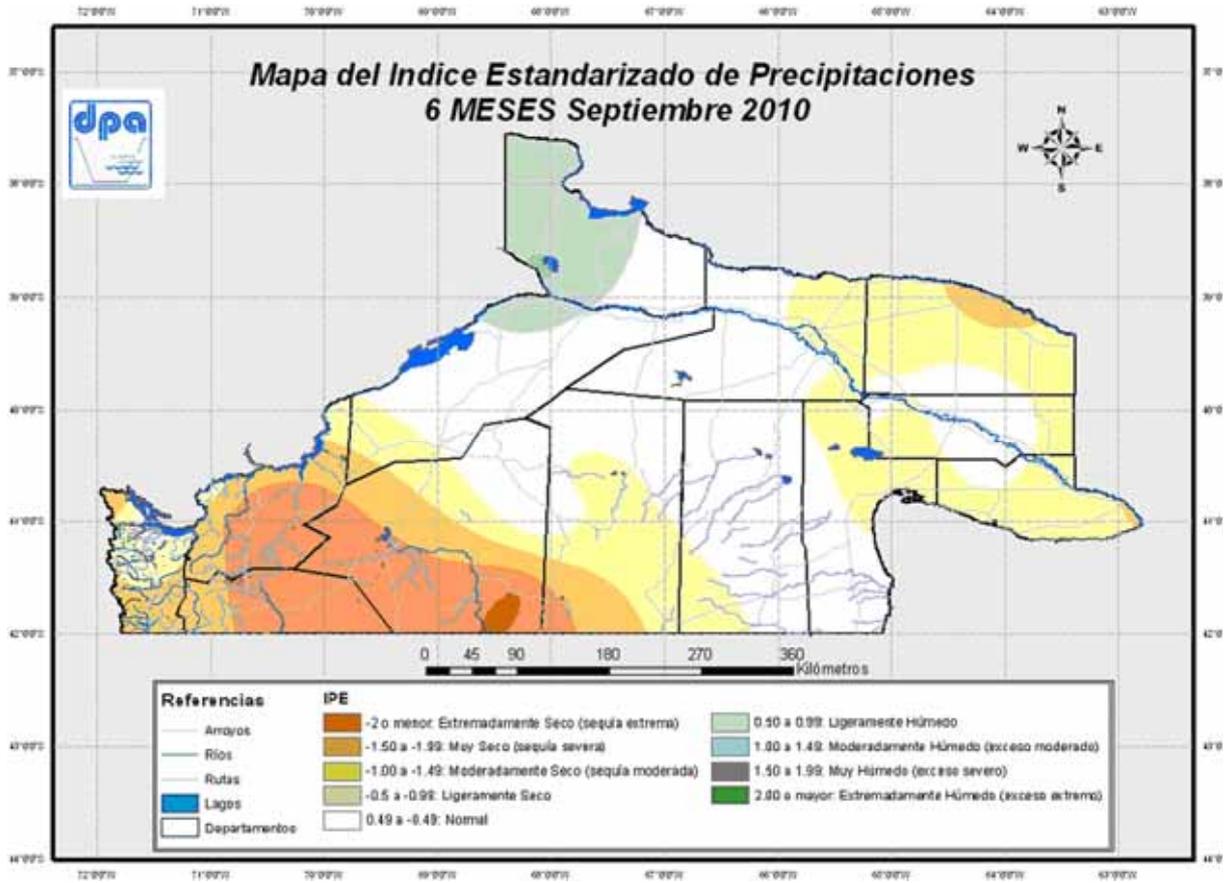
Humphrey, 1990) y generando una capa que englobe tanto a nubes como nieve y algunas depresiones con suelos desnudos o salitrales (altos valores de reflectancia). Finalmente se calculó el NDVI mediante la expresión antes mencionada (Ecuación N°1)

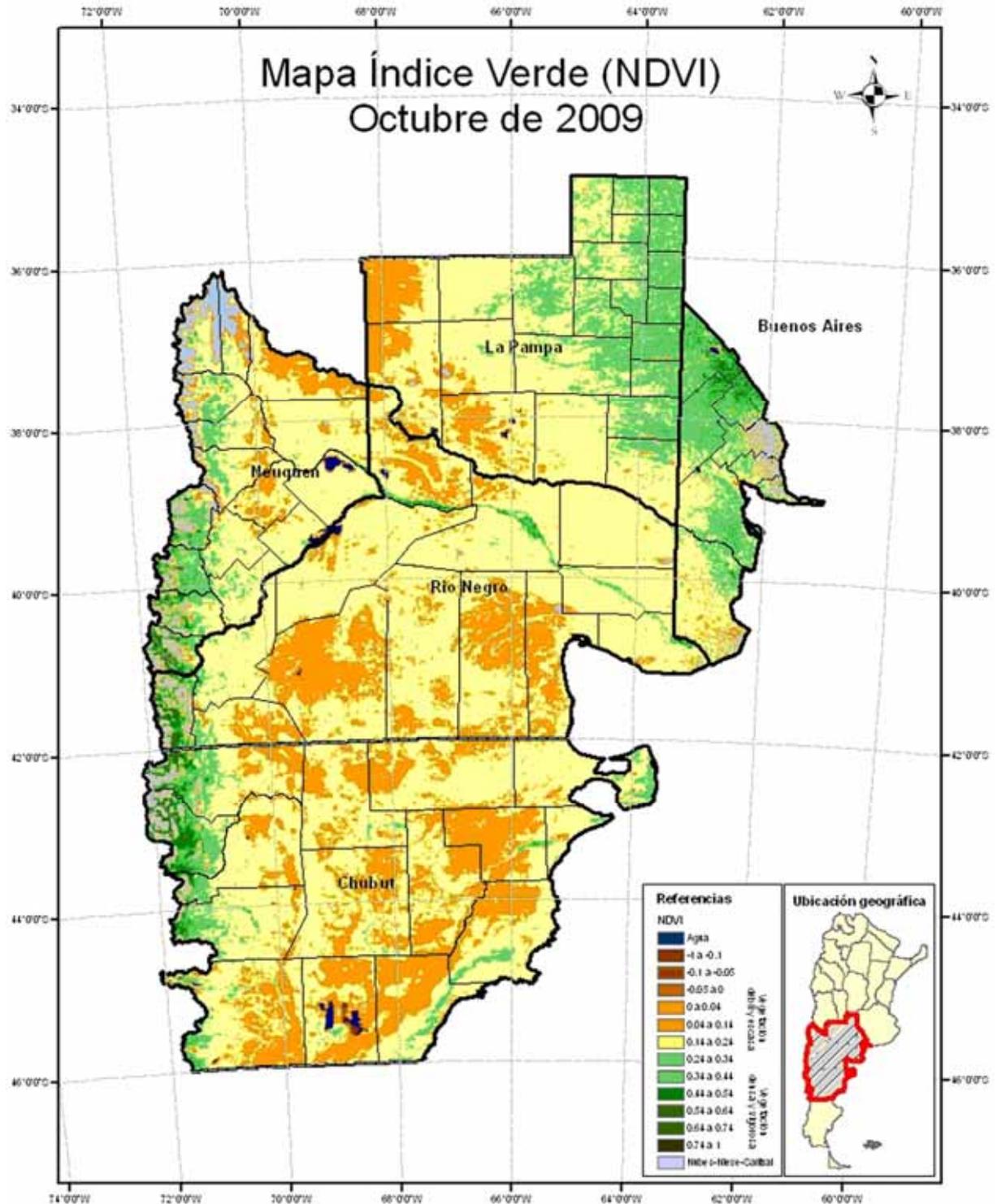
RESULTADOS

Mediante las técnicas metodológicas descritas se realizan mensualmente estos 5 mapas regionales (Mapa de Lluvias, Mapa de IPE 3 meses, Mapa de IPE 6 meses, Mapa de IPE 12 meses y Mapa de NDVI). Los mismos son distribuidos a grupos de usuarios vía correo electrónico, a la vez que son publicados en la página web del organismo, en el apartado Clima/Mapas, con la finalidad de llegar a la mayor cantidad de personas posible, aportando información valiosa para la toma de decisión.

A continuación se muestra un ejemplo de cada mapa regional generado por el organismo. La distinta extensión de los mismos se debe principalmente al hecho de adecuarse a la disponibilidad de datos confiables para su elaboración.







REFERENCIAS

- Di, L.; D. C. Rundquist y L. Han (1994): "*Modelling relationship between NDVI and precipitation during vegetative growth cycles*". International Journal of Remote Sensing, N°15, pp. 2121-2136.
- Gilabert, M. A. (1990): "*Índices de vegetación*", en Gandía, S. y Meliá, J. (Eds). La teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales. Recursos renovables: Agricultura, Universitat de Valencia, pp. 285-294.
- McKee, T. B., N. J. Doesken and J. Kleist (1993): "*The relationship of drought frequency and duration of time scales*." Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Jan17-23, 1993, Anaheim CA, pp. 179-186.
- McKee, T. B.; N. J. Doesken and J. Kleist (1995): "*Drought monitoring with multiple time scales*." Ninth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Jan15-20, 1995, Dallas TX, pp. 233-236.
- Paruelo, J. M.; H. E. Epstein; W. K. Laurenroth and I. C. Burke (1997): "*ANPP estimates from NDVI for the Central Grassland region of the US*." Ecology 78: 953-958.
- Simpson J. J. y C. Humphrey (1990). "*An automated cloud screening algorithm for daytime Advanced Very High Resolution Radiometer imagery*". Journal of Geophysical Research 95: 13459-13481.
- Valor, E. y V. Caselles (1996): "*Mapping land surface emissivity from NDVI: Application to European, African and South American areas*". Remote Sensing of Environment, Vol. 57, pp. 167-184.
- Almeira, G.; H. Ciappesoni y B. Scian (2004). "*Índice de Precipitación Estandarizado: una aplicación en el Litoral argentino*". Actas, X Reunión Argentina y IV Latinoamericana de Agrometeorología. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina. pp 165-166
- Bendersky, D. (2011) "*Determinación de Anomalías del Índice Verde Normalizado (NDVI) de Pastizales de la Provincia de Corrientes*". Proyecto Nacional INTA Monitoreo de Pastizales, EEA INTA Mercedes. Boletín N°7/ 01 de Abril de 2011.
- Coronel, A.; C. Isoardi; L. Mainardi; G. Mascotti y G. Tamantini (2004) "*Características sinópticas de la sequía que afectó a la localidad de Zavalla de agosto a octubre de 1998, y su relación con el rendimiento de trigo*". Rev. De Investigaciones de la Fac. de Cs. Agrarias - UNR, año IV, N° 5, 33-41.
- Coronel, A. y O. Sacchi (2006) "*Climatología de eventos secos y húmedos en el sur santafesino*". Rev. De Investigaciones de la Fac. de Cs. Agrarias - UNR, Año 2006, N° IX.
- Moreira E.; A. Paulo; L. Pereira y J. Mexia (2006). "*Analysis of SPI drought class transitions using loglinear models*". Journal of Hydrology 33: 349-359.
- Murphy, G.; R. Hurtado; M. Fernández Long; L. Serio; A. Faroni; L. Spescha; S. Maio e I. Barnatán (2008). "*Atlas Agroclimático de la Argentina*". Ed. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. 160 pp.
- Quiring, S. y T. Papakryiakou (2003). "*An evaluation of agricultural drought indices for the Canadian prairies*". Agricul. And Forest Meteorology 118, 49-62.
- Seiler, R. y L. Bressan (2000). "*Uso del índice estandarizado de precipitación para la evaluación permanente del riesgo de inundaciones*". Rev. Facultad de Agronomía 20 (2), 229-234.
- Seiler, R.; M. Hayes y L. Bressan (2002). "*Using the standardized precipitation index for flood risk monitoring*". International Journal of Climatology 22: 1365-1376.
- Serio, L. y G. Murphy (2008). "*Umbrales de precipitación para distintas categorías del Índice Estandarizado de Precipitación en la región pampeana*". Revista Argentina de Agrometeorología 7-8.
- Serio, L.; G. Murphy; R. Hurtado y L. Spescha (2007). "*El Índice Estandarizado de Precipitación y las Lluvias de Verano en la Región Pampeana*". Actas I Congreso Venezolano de Agrometeorología y V Reunión Latinoamericana de Agrometeorología. Maracay, Venezuela.
- Steinemann, A., (2003). "*Drought indicators and triggers: a stochastic approach to evaluation*". Journal of the American Water Research Association 39: 1217-1233.

Vicario, L.; A. Ravelo; R. Zanvettor y A. Rodríguez (2007) "*Monitoreo de las sequías en la cuenca del dique San Roque, Córdoba*". XXIº Congreso Nacional del Agua 2007. Tucumán, 15 al 19 de mayo de 2007.