

MAS DE TRES AÑOS DE EXPERIENCIA OPERATIVA EN LA UTILIZACION DE UN METODO PARA EL DIAGNOSTICO DE LA RESERVA HIDRICA DEL SUELO Y SUS ANOMALIAS EN LA LLANURA PAMPEANA ARGENTINA

Juan Alberto FORTE LAY¹ , José Luis AIELLO² *

RESUMEN

Se describen algunos resultados de la utilización periódica en tiempo operativo de una metodología para la estimación regional y representación cartográfica de la disponibilidad de humedad edáfica, basada en el balance hidrológico diario aplicado a una red de estaciones pluviométricas operativas distribuidas en la región Pampeana de Argentina, que es la de mayor importancia agropecuaria en el país. El método ha sido ampliamente descrito en trabajos anteriores expuestos en la bibliografía. Se analizan las ventajas y limitaciones que los autores han encontrado en la utilización del mismo.

INTRODUCCION Y ANTECEDENTES

En este trabajo se describen algunos resultados de la utilización periódica en tiempo operativo de una metodología para la estimación regional y representación cartográfica de la disponibilidad de humedad edáfica, basada en el balance hidrológico diario (BHD) aplicado a una red de estaciones pluviométricas operativas distribuidas en las cinco provincias pampeanas de la República Argentina (Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba, La Pampa y Entre Ríos) cuya producción agropecuaria sustentada en casi su totalidad en la agricultura de secano provee una gran proporción de los saldos exportables del país, ya sea a partir de la producción de cultivos de cosecha, como así también de la de pasturas forrajeras para la alimentación del ganado destinado a producción de carne y leche.

El método para realizar el seguimiento periódico de las reservas de agua en el suelo y de sus anomalías ha sido ampliamente descrito en (Forte Lay y Aiello, 1996 a.), (Forte Lay y Aiello 1996 b.) y (Forte Lay, Aiello y Basualdo, 1997). En el segundo de estos trabajos se hace referencia a una extensa bibliografía que sustenta la aplicación de la metodología y la comparación de los resultados de la aplicación de diferentes modelos de BHD con mediciones realizadas en el campo (Forte Lay y Burgos, 1978), (Forte Lay y Villagra, 1983), (Forte Lay et. al. 1985, 1987), (Troha y Forte Lay, 1990).

Se debe remarcar que los resultados obtenidos del balance hidrológico no son los mismos si se realiza balance diario o si por el contrario se toman otras bases de tiempo mayores. Forte Lay y Villagra (1983) compararon las reservas medidas en el campo al final de ciertos períodos con los estimados según balances realizados con diferentes bases de tiempo desde la diaria hasta la mensual, demostraron que los balances diarios son los que estiman mejor la humedad del suelo.

Por otro lado Forte Lay y Troha (1987 y 1988), apoyándose en los antecedentes de Ravelo y Decker (1979) demostraron la aptitud de la función teórica de probabilidad BETA (I) de dos parámetros, descrita por Pearson (1948), para ajustar las series de almacenajes de agua en el suelo estimadas por balance para cualquier período y hacer posible la estimación de probabilidades de ocurrencia de un determinado valor en cualquier localidad en que se hubiera calculado el balance hídrico durante una cantidad de años suficiente.

Previamente a la implementación de esta metodología, los mismos autores de este trabajo junto con el Ing. José Kuba (CONAE), habían desarrollado un software denominado AGROAGUA cuya versión 4.0 fue expuesta en el Congreso "Agrosoft'95" desarrollado en Noviembre de 1995 en Juiz de Fora (Brasil), que es utilizado por varias entidades agropecuarias y profesionales del sector, y en 1996 una versión modificada fue transferida a la Federación de Entidades Gremiales de Acopiadores de Cereales de Argentina. El mismo permite realizar distintas prestaciones relacionadas con la agrohidrología cuya descripción excedería el propósito de este trabajo, pero entre otras se puede realizar el seguimiento de

¹ Ing. Agrónomo. Investigador Independiente. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

² Dr. en Ciencias Meteorológicas. Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE). Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas – Universidad Nacional de La Plata.

la humedad disponible en el suelo (dinámica de los almacenajes de agua edáfica) obtenida mediante la aplicación del BHD de Thornthwaite y Mather (1955) con evapotranspiración potencial (Etp.) media diaria normal de Penman (1948) calculada según Frère (FAO, 1972), para cualquier capacidad de campo (CC) y coeficientes de cultivo y/o manejo del suelo con salidas gráficas y numéricas. Por otro lado también se obtiene la climatología del agua en el suelo, mediante el tratamiento estadístico de los valores de reserva de agua edáfica estimadas por BHD y ajustadas a la función teórica de probabilidades BETA (I) de dos parámetros para cualquier valor de las constantes hídricas de los suelos (CC y punto de marchitez permanente) y cualquier sucesión de coeficientes de cultivo y/o manejo del suelo, pudiendo procesar hasta 100 años de datos pluviométricos ininterrumpidos. Se obtiene probabilidad de valores de almacenaje o reserva media de cualquier período de 1 a 365-366 días, comenzando desde cualquier día. Actualmente la versión 4.4 del software AGROAGUA tiene algunas mejoras.

MATERIALES Y METODO

Mediante el uso del software AGROAGUA y de los datos pluviométricos diarios que el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) puede proveer en tiempo operativo fue posible cubrir las cinco provincias que integran la zona pampeana y sus límites para la confección de mapas de reserva de agua y anomalía de la misma para una fecha determinada. La anomalía se obtiene de acuerdo a un BHD que se hace correr desde 1961 hasta la fecha, ya que se cuenta con registros históricos de la precipitación diaria desde esa fecha en la mayor parte de las localidades. Resultan así dos mapas (de reservas y anomalías); de esta manera se obtiene una especie de fotografía instantánea de la reserva en determinado día y de su grado de anomalía para la fecha. Es de hacer notar que el cálculo de la anomalía para un día determinado es válido pues el almacenaje de agua en el suelo es el resultado de la interacción entre las lluvias y demandas atmosféricas moduladas por el suelo desde días anteriores, lo que significa que la variable humedad edáfica diaria tiene “memoria”, por lo que es mucho menos aleatoria que la lluvia, siendo pasible de ser comparada con los valores históricos de una serie relativamente corta (del orden de 30 o 40 años anteriores).

El software permite obtener no solo el valor de la reserva y anomalía de un día determinado, si no también el valor del promedio de la reserva de cualquier período de días que se le solicite y la anomalía de dicho promedio, que sirve como indicador de la evolución de la disponibilidad hídrica de los cultivos en cualquier período de su proceso evolutivo, aptitud que se potencia mediante el uso de distintos coeficientes de cultivo y/o manejo del suelo que afectan a la Etp.

Actualmente dos programas derivados de módulos de AGROAGUA, realizan todo el proceso de balance y cálculo de anomalías para todas las estaciones sin intervención del operador. Los programas permiten mediante la simple modificación de un archivo de coordenadas y nombres de estaciones, agregar quitar o reemplazar las estaciones actuales por otras cuyos datos pluviométricos se encuentren actualizados en una base de datos compatible con AGROAGUA y cuyos doce datos mensuales de Etp. también se encuentren presentes en el archivo correspondiente. Un tercer programa permite calcular la diferencia de almacenaje entre una fecha determinada y otra anterior, pudiendo visualizar así en un tercer mapa en colores, las áreas beneficiadas con un aumento de las reservas o recarga de agua en el suelo y las que han disminuido su almacenaje o se han secado en el período de referencia.

La red de estaciones que entregan sus datos pluviométricos diarios en tiempo operativo consta de 38 puntos ubicados dentro del perímetro de las cinco provincias y 15 en su entorno en las provincias vecinas, son administradas por el SMN y constituyen una parte de la red sinóptica operativa, que además de los datos de lluvia envían también periódicamente a la sede central de ese organismo otros datos meteorológicos diarios que alimentan la base de que dispone dicha institución. Sin embargo los únicos datos que se requieren para la aplicación del método son los pluviométricos, ya que aunque en teoría se debería disponer de los demás datos necesarios para un cálculo en tiempo real de la Etp. diaria por un método probado y fidedigno como el de Penman, en la práctica su implementación por el momento sería imposible ante las deficiencias en la recepción de la información que sólo en el caso de las precipitaciones, requiere de una estimación por interpolación de los datos faltantes bastante

numerosos cada día, que han hecho necesaria la aplicación de programas de computación especiales operativo, y que luego eventualmente se reemplazan por valores reales cuando la base se completa. Se puede suponer que si esto ocurre con los datos de precipitación, elemento que sólo se registra en otras cuatro variables diarias que requiere un método de estimación de la Etp. diaria como el de Penman. Por lo tanto se realiza el cálculo del balance, estimando la Etp. diaria a partir de los valores también fue probado comparando sus resultados con el que tiene en cuenta la Etp. verdadera calculada cada día y se concluyó que los resultados de los almacenajes o reservas de agua en el suelo provistos rápidamente a los pocos días, con lo que queda demostrado que la variabilidad de la Etp. aunque tiene alguna importancia, su influencia es totalmente enmascarada ante la enorme variabilidad de la lluvia. climáticos normales de la Etp. calculados por el método de Penman, y se procede a realizar un BHD utilizando las tablas de retención de Thornthwaite. Los datos de Etp. climática mensual por el método As. UBA) quienes tuvieron la gentileza de ceder los valores mensuales medios o climáticos por ellos calculados para 186 localidades continentales de la Argentina que contaban con los datos suficientes mensuales de las provincias involucradas y de algunas vecinas con isolíneas de Etp mensual respetando el relieve, el efecto de la presencia de grandes cuerpos de agua y las costas marinas; que estaciones de países vecinos ya que en el límite oriental de la región constituido por la margen derecha del Río Uruguay existe una aceptable cantidad de estaciones pluviométricas, ocurriendo lo mismo a lo desde Agosto de 1995 y actualmente se realiza un estudio similar para la región nordeste de Argentina cuyos mapas se producen a partir de Febrero de 1999.

como valor de referencia, es lo más adecuado, haciendo la salvedad de que no nos referimos a una profundidad fija si no a la que explora la mayor proporción de raíces de cultivos y pasturas, de 200 mm es porque (aunque hay excepciones) se ha considerado como un valor de compromiso que tenga en cuenta un promedio para la mayoría de los casos y que represente el valor característico de un

El diagnóstico de la reserva hídrica del suelo constituye un indicador de referencia que a partir de la información meteorológica disponible en tiempo operativo permite hacer un diagnóstico fiable de la estado de los cultivos e inferir el resultado de las futuras cosechas. Los programas permiten incluso la aplicación de diferentes coeficientes de cultivo y/o manejo del suelo, distintos para cada localidad pradera activa durante todo el año. El diagnóstico y las anomalías de las reservas se pueden realizar indistintamente para una determinada fecha o también para el promedio de reservas de varios días.

agropecuario por sequía o por humedad edáfica excesiva, siempre que los resultados sean evaluados por personas con conocimiento del tema agrohidrológico. Por ejemplo anomalías húmedas extremas ejemplo maíz en floración en pleno verano, siempre que los valores absolutos de humedad en el suelo no devengan en excesos importantes, los que aún pueden tener una incidencia distinta si se producen anomalías relativamente secas o muy secas en áreas donde el balance hidrológico normal o climático determina humedad edáfica muy alta y con poca variabilidad como por ejemplo el extremo oriental de

la provincia de Buenos Aires en otoño e invierno, suelen significar sólo una pequeña disminución de los valores por debajo de la CC, lo cual especialmente en áreas deprimidas puede resultar en una ventaja antes que una emergencia. También para evaluar los valores absolutos de humedad estimada en el suelo, deben tenerse en cuenta las cualidades físicas respectivas como por ejemplo su textura. En áreas orientales de la región estudiada, por la retención de las arcillas que predominan en sus suelos, valores del orden del 60% de la CC, pueden estar significando una sequía mientras que esos mismos valores en suelos arenosos occidentales representan disponibilidades aún adecuadas para la vegetación. Por lo tanto las evaluaciones deben hacerse utilizando ambos mapas (reservas y anomalías) como así también considerando información sobre uso del suelo implantación cultivos, fenología de los mismos y tipos de suelo.

De acuerdo al grado de probabilidad (anomalía) se han establecido siete categorías, que de menor a mayor humedad en el suelo son las siguientes:

< 5%	Extremadamente más seco que lo habitual (recurrencia media 1 vez cada 20 años o más).
5% - 20%	Mucho más seco que lo habitual (recurrencia media entre 1 vez cada 20 años hasta 1 vez cada 5 años).
20% - 40%	Más seco que lo habitual (recurrencia media de 1 vez cada 5 años hasta 1 vez cada 2.5 años).
40% - 60%	Aproximadamente lo normal o habitual para la fecha y para cada localidad.
60% - 80%	Más húmedo que lo habitual (valores más húmedos de 1 vez cada 2.5 años hasta 1 vez cada 5 años).
80% - 95%	Mucho más húmedo que lo habitual (valores más húmedos entre 1 vez cada 5 hasta 1 de cada 20 años).
95% >	Extremadamente más húmedo que lo habitual (valores más húmedos en 1 vez cada 20 años o más).

El período ideal sobre la base del cual se deberían calcular las anomalías se estima en unos 40 años, ya que es aproximadamente la vida activa de una generación de productores, que pueden basar su experiencia en lo que ha ocurrido con el clima durante ese período. No conviene que el período sea mucho menor, pues se corre el riesgo de efectuar una estadística no confiable, ni mucho mayor pues es posible que puedan interferir fluctuaciones climáticas de mediana escala (tendencias) que lleven a conclusiones erróneas.

Dado que los mapas contienen también la división política (provincias, partidos, departamentos), en el caso de las sequías es posible de esta manera también tener una herramienta para poder determinar con mayor objetividad las áreas que deberían ser asistidas por el estado mediante programas de emergencia, desgravaciones impositivas etc. Sin embargo para poder utilizar la metodología con este fin sería necesario disponer de una red pluviométrica más densa aplicando el método para períodos de días consecutivos en lugar de hacerlo para un día determinado. Para el caso de los excesos de agua no sería esta una herramienta idónea ya que no ha sido pensada para acumular los excesos de agua (pues el mapa de reservas tendría como límite superior el valor de la CC), sin embargo para que el software comercial pueda distinguir las áreas en que hubo excesos significativos se tomaron los siguientes criterios:

Si el balance se realiza para calcular la reserva de un día determinado (dado que de acuerdo al método sólo puede haber excesos si ese día hubo lluvia y por lo tanto quedarían encubiertos todos los excesos que se pudieran haber producido en los días anteriores) entonces el programa toma en cuenta la suma de los excesos de los últimos días (últimos 7 días en verano, 10 días en meses intermedios y 14 días en invierno, incluido el día final), y si esa suma supera los 10 mm y además el almacenaje del día final supera el 95% de la CC, entonces simula la existencia de una reserva o almacenaje mayor que la CC para que las áreas con excesos puedan ser identificadas por un color azul o un rayado diferente.

Si el balance se realiza para estimar las reservas promedio de un período de días, entonces, si el período es menor a 7, 10 o 14 días según la época del año, se utiliza el criterio anterior y si es mayor, se hace la suma de los excesos diarios del período; si la misma supera los 10 mm y además el promedio de las reservas del período supera el 95% de la CC se sigue el procedimiento expuesto en el párrafo anterior. Pero para la estimación de excesos de agua y sus anomalías existen otras herramientas que los autores han desarrollado y utilizan, que permiten evaluar los excesos de agua en el suelo y compararlos con su respectiva climatología.

Se han realizado pruebas duplicando los pluviómetros por agregado en tiempo diferido de los provenientes de otras redes, comparando los mapas obtenidos con la red original y con la densificada. Se constató que los patrones de los mapas diferían poco en los meses de invierno pero se hacían más irregulares en los meses de verano donde la mayor actividad convectiva dispersa produce campos de

lluvia diaria más irregulares a medida que se aumenta la densidad de estaciones. Sin embargo por la característica memoria que tiene el almacenaje de agua, los mapas de reserva diaria son mucho más regulares que los de lluvia diaria. También se verificó como es lógico, un aumento de la homogeneidad a medida que se aumenta el período de días involucrado dentro del promedio de almacenajes.

RESULTADOS Y DISCUSION

Como un ejemplo de la aplicación del método se muestran aquí algunos mapas confeccionados especialmente como promedios del verano de 1988-89 en que la región fue afectada por el fenómeno de La Niña, con una reducción de las precipitaciones que determinaron una fuerte disminución de los rendimientos de los cultivos estivales y por lo tanto de los saldos exportables de granos. Durante ese período más de la mitad de la región promedió reservas por debajo del nivel de sequía (para la pradera de referencia), lo que se reflejó en una fuerte anomalía negativa de la humedad edáfica en gran parte de la misma. Por otro lado se expone la situación inversa del verano 1997-98 bajo la fase de El Niño en el que casi toda el área fue beneficiada por lluvias continuas y bastante distribuidas desde la primavera anterior, que significaron que la anomalía positiva de las reservas resultara extraordinaria en intensidad y extensión. Aunque se registraron fuertes excesos tanto durante el ciclo de los cultivos como especialmente también en el otoño posterior (época de cosecha de los cultivos estivales) que provocaron pérdidas importantes debido a enfermedades vuelcos e inundaciones, sin embargo ese año la Argentina obtuvo una cosecha récord de granos. Los excesos del período no son visibles en los mapas trimestrales por no haber alcanzado las reservas a promediar el 95% de la CC, algo casi imposible en el período estival, sin embargo aparecieron en los mapas diarios o de períodos más cortos no mostrados aquí. Como es lógico, el uso de promedios tan largos como los trimestrales produce campos muy regulares y sirve para visualizar a grandes rasgos el comportamiento hidrológico regional pero esconde algunas características en el campo del balance, visibles en períodos más cortos.

El seguimiento también sería posible utilizando estaciones de medición directa (ya sea por el método gravimétrico o mediante sonda de neutrones), pero ninguna de estas mediciones se realizan regularmente salvo en algunos puntos y para alguna experiencia particular y mucho menos se puede contar con una serie de valores históricos como para el estudio de la climatología real del agua en el suelo, que permita luego el cálculo de las anomalías. Tampoco los métodos satelitales por ahora están calibrados para la región Pampeana como para producir estimaciones confiables de este elemento, aunque sin duda en el futuro habrá que abordar este aspecto. Con respecto a este último tema se están haciendo investigaciones en el país. Por ejemplo Seiler et. al., 1997 desarrollaron un método para la observación de la sequía en Argentina a partir de imágenes satelitales NOAA – AVHRR obteniendo un índice derivado de la condición de la vegetación a partir de las variaciones de la diferencia normalizada del índice de vegetación (NDVI) y de las bandas térmicas (BT). El índice destinado a estimar las anomalías en el comportamiento de la vegetación natural es conceptualmente muy acertado. Un mapa del índice satelital de la segunda semana de Diciembre de 1996 fue comparado con el mapa de anomalías de la humedad del suelo realizado por balance y publicado para el 16 del mismo mes, dando muy buenas asociaciones en algunos sectores y no tanto en otros, donde presumiblemente la actividad humana había modificado las características de la vegetación predominante en años anteriores reemplazándola por trigo, que en el momento de la comparación se hallaba en estado maduro y por lo tanto daba un índice que por ser derivado de la anomalía de la vegetación llevaba a la falsa conclusión de que en el lugar se estaba desarrollando una sequía importante, aunque los pluviómetros de las localidades involucradas habían registrado lluvias extraordinarias durante todo el período antecedente. También se han observado buenas asociaciones en verano entre los valores directos del “Índice verde” y los de humedad en el suelo estimados por balance pero suele haber mala asociación en invierno, cuando la actividad fotosintética vegetal no solo depende de la humedad edáfica si no también en gran medida de las temperaturas y del ciclo de la vegetación y de la proporción de superficie roturada.

CONCLUSIONES

Es posible mediante las capacidades computacionales actuales realizar en tiempo operativo un monitoreo de las reservas de agua en el suelo a escala regional y de sus anomalías en áreas llanas tan extensas como la región pampeana argentina, siempre que se cuente con un criterio de homogeneidad en cuanto a algunos parámetros: CC y cobertura vegetal representativas, campos de Etp. climática mensual relativamente homogéneos, (se ve favorecido el trabajo en áreas de llanura), red de pluviómetros suficientemente densa y operativa y con datos históricos diarios de por lo menos 30 años ininterrumpidos. Es posible mejorar el método siempre que puedan conocerse con cierto detalle, al menos a nivel de grandes grupos, las constantes hídricas de los distintos tipos de suelo (especialmente la relación: Punto de marchitez permanente/CC) que permitiría la confección de mapas de agua útil. También se considera conveniente actualizar la estimación de la Etp. climática con los registros más recientes. Sin embargo la mayor mejora que podría obtenerse es la que provendría de un aumento en la densidad de pluviómetros operativos.

AGRADECIMIENTO: Los autores desean expresar su agradecimiento al Director del SMN: Comodoro Ramón Sonzini por el apoyo brindado en la implementación del método y al personal de las secciones Procesamiento de Datos y Agrometeorología por facilitar la adquisición de los datos y la difusión de los productos por INTERNET en la página WEB de la institución en <http://www.meteofa.mil.ar/>

BIBLIOGRAFIA

Forte Lay, J.A. y Burgos, J.J.: "Verificación de métodos de estimación de la variación del almacenaje de agua en suelos pampeanos". Actas del Taller Argentino-Estadounidense sobre sequías (CONICET-NSF), realizado en Mar del Plata entre el 4 y el 8 de Diciembre de 1978. Editor J.J. Burgos. Buenos Aires, Argentina. Pág. 162-180. Noviembre de 1983.

Forte Lay, J.A. y Villagra, M.M.: "El balance hidrológico de Thornthwaite y Mather (1955) aplicado bajo diferentes unidades de tiempo. Verificación con valores observados y comparación de resultados". Actas del XI Congreso Nacional del Agua. Córdoba (Argentina). Tomo I, Aguas Superficiales 1. Pág. 89-119. Mayo de 1983.

Forte Lay, J.A.; Troha, A. y Villagra, M.M.: "Estudio de las variaciones del agua edáfica en pradera permanente, barbecho y cultivos estacionales". Actas de la IIIª Reunión Argentina de Agrometeorología. (AADA). Vaquerías, Córdoba (Argentina). Pág. 47-53. Marzo de 1987. Actas del XII Congreso Nacional del Agua, Mendoza (Argentina). Vol. Agroecología, Tomo II A, Pág. 181-202. 1985.

Troha, A. y Forte Lay, J.A.: "Estimación de la humedad edáfica mediante distintos métodos de balance hidrológico diario". GEOACTA (AAGG). Argentina. Vol N° 17. N° 1. Pág. 69-78. 1990.

Forte Lay, J.A.; Aiello, J.L. y Kuba, J.: "Software Agroagua versión 4.0" expuesto en el Congreso "Agrosoft'95" desarrollado en Noviembre de 1995 en Juiz de Fora (Brasil). Resumen publicado en la Revista AGROSOFT'95.

Forte Lay, Juan Alberto y José Luis Aiello: "Método para el diagnóstico de la reserva hídrica del suelo en las provincias pampeanas". Actas del VII Congreso Argentino de Meteorología y VII Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología :37-38. Buenos Aires. Septiembre de 1996.

Forte Lay Juan A. y José L. Aiello: "Método para el diagnóstico de la reserva hídrica del suelo y sus anomalías en las provincias pampeanas". Contribución al "Training Course on Practical Applications of Seasonal-to-Interannual Climate predictions to Water resources and Agriculture for Mesoamerica and the Caribbean". International Research Institute (IRI) for Seasonal to Interannual Climate Prediction. Instituto de Meteorología de Costa Rica. San José. Costa Rica. Agosto de 1996. 15 pág.

Forte Lay Juan A., José L. Aiello, y Adriana B. Basualdo: "Aplicación del método para obtener reservas de agua en el suelo en las cinco provincias pampeanas (Forte Lay - Aiello) a una red con datos del Servicio Meteorológico Nacional y de la Federación de Centros y Entidades Gremiales de Acopiadores de Cereales" FECEACOP. Tirada Interna. Octubre de 1997. (3 pág. y 9 fig.)

Damario, E.A. y C. Cattáneo. 1982. "Estimación climática de la evapotranspiración potencial en la Argentina por el método de Penman. Rev. Fac. Agr.: 3(3). Argentina.

Forte Lay, J.A. y Troha, A. : "Distribución de probabilidad de valores de humedad edáfica". GEOACTA (AAGG). Argentina. Vol. 14, N° 1. Pág. 141-152. 1987.

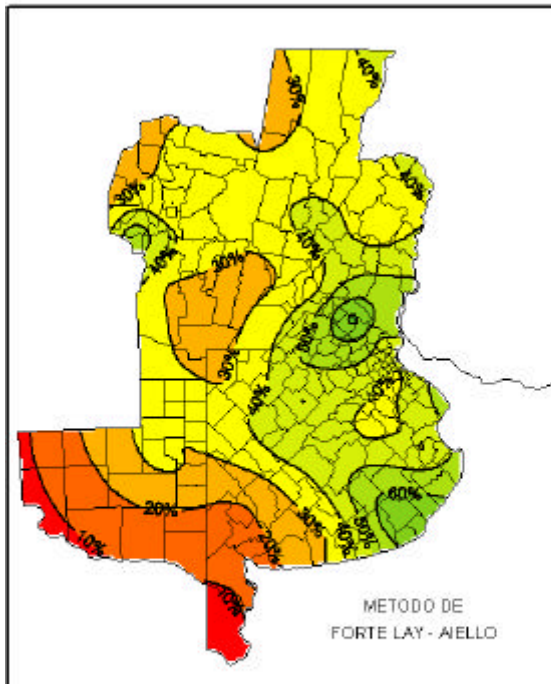
Forte Lay, J.A. y Troha, A. : "Utilización de la función Beta para la estimación de probabilidades de humedad edáfica". Anales del V Congreso Brasileiro de Meteorología. Río de Janeiro (Brasil). 7 al 11 de Noviembre de 1988. Vol. 1. Pág. 6-10.

Pearson, K. 1948. "Table of the Incomplete Beta function". Biometrika. University College. London.

Ravelo, A.C. y W.L. Decker. 1979. "The probability distribution of a soil moisture index". Agricultural Meteorology. 20:301-312.

Seiler, R.A.; F. Kogan y J. Sullivan. 1997. "Drought watch in Argentina using satellite imagery". X Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 13 al 18 de Julio de 1997. Piracicaba. San Pablo. Brasil.

RESERVA DE AGUA EN EL SUELO
(en % de una capacidad de almacenaje de referencia)
en la Región Pampeana. Promedio del trimestre
DICIEMBRE-ENERO-FEBRERO de 1988-1989

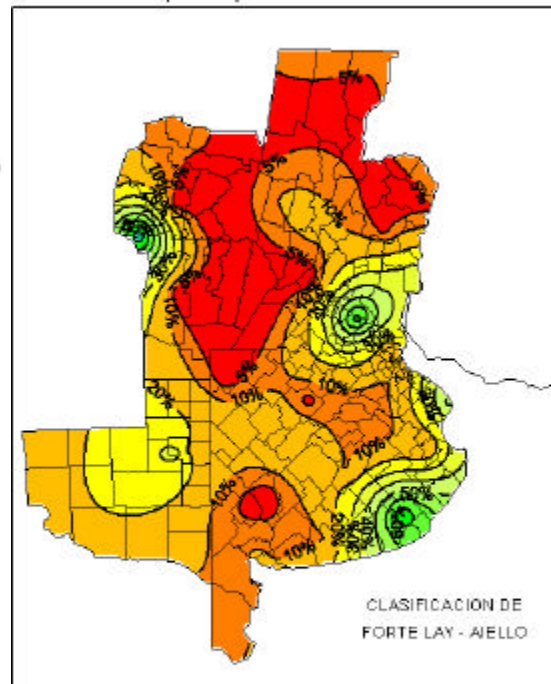


Referencia estimada para una pradera permanente cubriendo totalmente el suelo y activa durante todo el año.

Considerar en sequía absoluta las áreas por debajo de 40% de reserva en los suelos arenosos del oeste de la región, y por debajo de 60% en los más arcillosos del extremo oriental.

No considerar por falta de estaciones operativas la región oeste de La Pampa ni el área de las sierras de Córdoba (> 500 m).

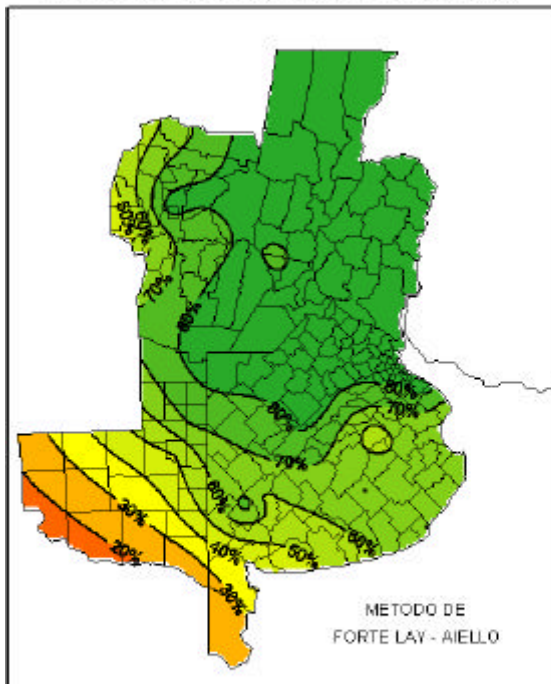
ANOMALIA DE LA RESERVA DE AGUA EN EL SUELO DEL
PROMEDIO DE DICIEMBRE-ENERO-FEBRERO (1988-1989)
en la Región Pampeana con respecto a la de igual lapso
para el período 1961-1998



Probabilidad (%) de tener reservas menores a las actuales:

- < 5 Extremadamente más seco que lo habitual
- 5 - 20 Mucho más seco que lo habitual
- 20 - 40 Más seco que lo habitual
- 40 - 60 Aproximadamente normal para la época
- 60 - 80 Más húmedo que lo habitual
- 80 - 95 Mucho más húmedo que lo habitual
- 95 > Extremadamente más húmedo que lo habitual

RESERVA DE AGUA EN EL SUELO
(en % de una capacidad de almacenaje de referencia)
en la Región Pampeana. Promedio del trimestre
DICIEMBRE-ENERO-FEBRERO de 1997-1998

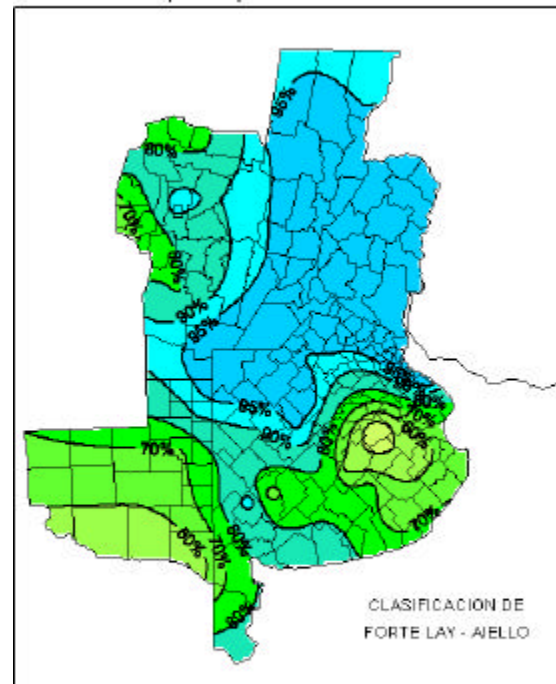


Referencia estimada para una pradera permanente cubriendo totalmente el suelo y activa durante todo el año.

Considerar en sequía absoluta las áreas por debajo de 40% de reserva en los suelos arenosos del oeste de la región, y por debajo de 60% en los más arcillosos del extremo oriental.

No considerar por falta de estaciones operativas la región oeste de La Pampa ni el área de las sierras de Córdoba (> 500 m).

ANOMALIA DE LA RESERVA DE AGUA EN EL SUELO DEL
PROMEDIO DE DICIEMBRE-ENERO-FEBRERO (1997-1998)
en la Región Pampeana con respecto a la de igual lapso
para el período 1961-1998



Probabilidad (%) de tener reservas menores a las actuales:

- < 5 Extremadamente más seco que lo habitual
- 5 - 20 Mucho más seco que lo habitual
- 20 - 40 Más seco que lo habitual
- 40 - 60 Aproximadamente normal para la época
- 60 - 80 Más húmedo que lo habitual
- 80 - 95 Mucho más húmedo que lo habitual
- 95 > Extremadamente más húmedo que lo habitual