

Difusión de estudios y avances en la temática del fenómeno extremo de la sequía, en la región central de la República Argentina

Vicario, Leticia^{1,2}; *García, Carlos Marcelo*^{2,3}

¹-Instituto Nacional del Agua – Centro de la Región Semiárida (INA-CIRSA)

²-Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba (FCEPyN –UNC)

³-Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

E-mail: lvicariotm@gmail.com – lvicario@ina.gob.ar

RESUMEN

La escasez de precipitaciones durante un tiempo considerable puede adoptarse como una definición conceptual del fenómeno de la sequía y es considerado un proceso hidrológico extremo. En Argentina los antecedentes relacionados a esta temática tienen, predominantemente, un enfoque climático y agrícola. Específicamente los estudios sobre las sequías hidrológicas o sobre la relación entre distintos tipos de sequías son escasos. Para avanzar y profundizar el análisis sobre este fenómeno crítico extremo con características complejas y debido a la precariedad de información en el área de interés existen limitaciones que requieren de un esfuerzo mayor e interdisciplinario. Dentro de la región central de Argentina, se realizó un primer avance a nivel de cuenca, a través de la Tesis de Maestría de la autora (2008) en la cuenca del dique San Roque de la provincia de Córdoba. Actualmente, algunos estudios se han llevado a cabo y otros están en etapa de desarrollo relacionados a las sequías en dos cuencas de diferentes características, fundamentalmente, en el tipo de sistema de la unidad hidrográfica y en el tamaño. Las mismas son: la cuenca del río San Antonio ubicada en la región semiárida y serrana de la provincia de Córdoba y donde se emplaza la red telemétrica del INA-CIRSA y la cuenca del río Carcarañá cuya mayor parte se ubica dentro de la llanura pampeana. Se realizaron estudios para la identificación y evaluación tanto de las variables hidrometeorológicas como de índices apropiados de sequías meteorológicas e hidrológicas, respectivamente. Además, se continúa trabajando en la caracterización del comportamiento de las variables de lluvia y caudal e índices representativos y su relación entre sí. Por esto, el presente trabajo tiene como finalidad informar y divulgar los estudios que se están desarrollando en el CIRSA en la temática de la sequía.

Palabras Claves: Sequías – avances - Región central de Argentina.

INTRODUCCIÓN

Sobre las sequías

“La escasez de precipitaciones durante un tiempo considerable” puede adoptarse como una definición conceptual del fenómeno de la sequía. Ahora bien, dicha definición se denomina operacional, si la ocurrencia (o no) de las precipitaciones es caracterizada a través de parámetros representativos y comparados respecto de umbrales predeterminados, considerando las particularidades del área de interés. Cabe destacar que el fenómeno de la sequía es considerado un proceso hidrológico extremo.

Las sequías se clasifican según la variable utilizada o el objetivo de estudio. Existen gran cantidad de clasificaciones, pero una de la más utilizada por su simplicidad y consistencia, es la realizada por Wilhite y Glantz (1985):

Sequías Meteorológicas: Basadas en datos climáticos, es una expresión de la desviación de la precipitación, respecto del valor promedio durante un período de tiempo determinado.

Sequías Agrícolas: Hace referencia a la insuficiencia de humedad en el suelo para permitir el normal desarrollo de un determinado cultivo en cualquiera de sus fases de crecimiento.

Sequías Hidrológicas: Son aquellas en las que existe una deficiencia en el caudal o volumen de aguas superficiales o subterráneas (ríos, embalse, lagos, etc.).

Sequías Socio-económicas: Se producen cuando la disponibilidad de agua disminuye hasta el punto de producir daños (económicos o personales) a la población de la zona afectada.

Esta clasificación es secuencial en el tiempo, es decir que un proceso iniciado a partir de la sequía meteorológica no puede ocurrir sin haber ocurrido el o los tipos de sequías anteriores.

En este trabajo se identifica y se propone un tipo de sequía intermedio entre las sequías hidrológicas y socioeconómicas que denominaremos Sequías Ambientales, en las cuales la falta de agua en un ecosistema afectaría el normal desarrollo de las especies vegetales y animales pertenecientes al mismo, como así también sus interrelaciones naturales.

En base a lo anterior se plantea un sistema de clasificación según los tipos de sequías ocurridas durante un mismo proceso, independientemente de que ocurran consecutivamente o no.

Las mismas se denominan como Sequías Tipo (del I al V) y se detallan a continuación:

Tipo I: Hace referencia a cuando la totalidad del fenómeno crítico tuvo un carácter solamente meteorológico.

Tipo II: En este caso el fenómeno extremo comenzó con una sequía meteorológica y finalizó en una sequía agrícola.

Tipo III: Se denomina de esta manera cuando el fenómeno hídrico extremo comenzó con una sequía meteorológica y finalizó en una sequía hidrológica.

Tipo IV: Hace referencia a cuando una sequía comenzó siendo meteorológica y afectó al ambiente en el que ocurre, específicamente a una parte o a la totalidad de los elementos y las relaciones del ecosistema (Sequía Ambiental).

Tipo V: Es este caso, se considera el más prolongado y nocivo de los procesos de sequía, ya que comienza con un déficit pluvial (de origen meteorológico) y afecta al ser humano como individuo o comunidad y por ende a su normal desenvolvimiento en su ambiente, deteriorando su calidad de vida.

Estas clasificaciones y procesos se esquematizan en la siguiente figura.

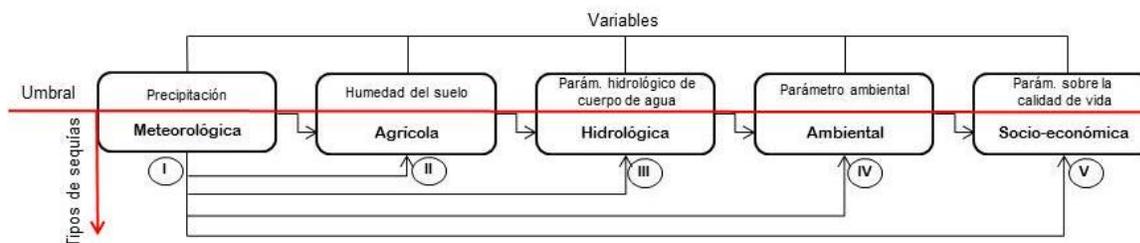


Figura 1.- Esquema de tipos de sequías y procesos que representan, según las variables involucradas

Las sequías son de difícil delimitación espacial y temporal. En cuanto a las escalas de estudio del fenómeno, se debe destacar que espacialmente, la sequía meteorológica es un fenómeno de mesoescala; aunque el análisis de los otros tipos de sequías habitualmente se realiza a nivel local, ya sea en una sección hidrométrica, en un embalse o lago natural, en una cuenca o en un territorio con un conjunto poblacional, entre otros.

En cuanto a la escala temporal de estudio, las sequías meteorológicas y agrícolas se pueden evaluar en distintas unidades de tiempo según el objetivo, aunque generalmente siempre son menores al año, mientras que, es conveniente estudiar las sequías hidrológicas y socioeconómicas a nivel mensual o anual ya que sus efectos se observan con un desfase en el tiempo respecto de los fenómenos hidrometeorológicos y físicos que le dan origen.

Problemática e importancia de estudiar las sequías

Las sequías se tratan de eventos inevitables, todavía poco predecibles (Kim et al., 2002) debido al comportamiento caótico de los procesos hidrometeorológicos. La identificación y caracterización de eventos

de sequía es una tarea compleja, debido a que son un fenómeno natural difícil de detectar (Tsakiris y Pangalou, 2009).

Este fenómeno está lejos de ser un problema netamente meteorológico, sino que es un problema multidisciplinario que involucra no solo a la meteorología e hidrología, sino también a la geología y a otras ciencias geofísicas (Palmer, 1965).

Además, todos los lugares del planeta están sujetos a la eventual ocurrencia de estos procesos, incluso las áreas típicamente lluviosas (Dracup et al., 1980) y tienen importantes efectos negativos en los aspectos socio-económicos de una región (Vicario et al., 2007)

El análisis de los períodos secos es requerido para realizar la planificación y manejo de los recursos hídricos en aquellas zonas donde gran parte de la actividad económica depende del aprovechamiento de esos recursos hídricos (Ortiz Gómez et al., 2010). Además, es necesario estudiar y analizar, para una mejor comprensión de los parámetros de la sequía, los umbrales específicos de estos procesos según la región hidroclimática (Mishra y Singh, 2010). Sin embargo, la ocurrencia y efectos de las sequías no son abruptas, sino que se desarrollan lentamente en el tiempo y en un espacio no definido claramente, lo que hace compleja su cuantificación y caracterización, y por ende, no favorece a la toma de decisiones sobre la gestión y planificación para mitigar las consecuencias de este fenómeno extremo.

Argentina presenta, el mayor porcentaje de áreas semiáridas y áridas del continente (66 % de su territorio) y a su vez, a lo largo del territorio argentino, existen diversos climas. Además posee un marcado ciclo húmedo y seco a nivel anual. Todo esto favorece a la ocurrencia de fenómenos hidrológicos extremos de distinto tipo en distintas regiones y en el mismo período de tiempo.

Lo anterior, toma más relevancia si se considera que Argentina, posee uno de los porcentajes más altos de urbanización a nivel de Latinoamérica. (Fuente: Estado de las ciudades de América Latina y el Caribe. ONU, 2012). De tal manera que es propicio suponer que un gran número de habitantes de nuestro país está potencialmente expuesto a los fenómenos hídricos extremos. En el caso de las sequías se ven afectado directamente, el abastecimiento de agua para consumo humano, la actividad agrícola – ganadera, la generación de energía hidroeléctrica, la calidad de vida y la salud humana, entre otros.

En este sentido, en la región central de la República Argentina se encuentran algunas de las ciudades más importantes del país, además, dado el carácter agrícola-ganadero de la misma y su relevancia en la economía territorial, es indispensable analizar las sequías en esa región ya que provocan importantes pérdidas económicas (Ravelo, 2009). También, desde el punto de vista de hidrológico y de la ingeniería, es esencial contar con estudios que permitan, de manera confiable, generar las obras de contención, distribución y tratamiento de los recursos hídricos involucrados, ante la ocurrencia de distintos tipos de sequías, como así también formular medidas no estructurales para mitigar los efectos de las mismas, en una comunidad afectada y su entorno.

Por lo anteriormente expuesto es necesario e indispensable, estudiar y avanzar en el área de conocimiento sobre las sequías de manera integral y en una región de interés dentro del territorio nacional; de tal manera de conformar un antecedente tanto de la información existente como de la temática de las sequías. Siendo, también, el punto de partida para futuros estudios y para la aplicación de nuevas metodologías que permitan en un mediano plazo mejorar las estimaciones y los conocimientos respecto del tema, sobre todo en zonas con escasa información hidrológica histórica.

ZONA DE ESTUDIO

La Región central de la República Argentina es una conformación política constituida por las Provincia de Córdoba y Santa Fe, llevado a cabo a través del tratado de Integración Regional firmado en Agosto de 1998 donde el Artículo 1 del mismo, reza: “Crear la Región Centro de la Argentina integrada por las Provincias de Córdoba y Santa Fe con el fin de promover el desarrollo económico y social en virtud de lo establecido en el Art. 124 de la Constitución Nacional y el desarrollo humano, la salud, la educación, la ciencia, el conocimiento y la cultura de conformidad a lo estipulado en el Art. 125 de la referida Ley Suprema de la Nación”. Luego, en el mes de Abril de 1999 se incluye a la provincia de Entre Ríos.

Esta región cuenta con alrededor de 8 millones de habitantes (alrededor de un 20% de la población nacional) y la integración responde a los intereses económicos, sociales, educativos y culturales, entre otros, comunes a las provincias que la conforman.

En la Figura 2 se muestran las distintas regiones políticas en la República Argentina. (Fuente: Carpeta pedagógica: Plataforma educativa de recursos digitales)

Estas provincias constituyen un área de gran importancia socioeconómica ya que concentra un gran porcentaje de la población del territorio nacional y además de ser un polo agrícola-ganadero e industrial dentro del país, se desarrollan otras actividades productivas de envergadura.

Posee distintas características climáticas y una gran diversidad topográfica, de flora, fauna y recursos hídricos entre otras cosas. Cabe destacar que presenta, de manera recurrente, eventos y procesos relacionados a la variabilidad de fenómenos extremos, como lo son las sequías de distinto tipo.

Dentro de dicha región, se seleccionaron cuencas de diferentes características, fundamentalmente en el tipo de sistema de la unidad hidrográfica y en el tamaño. Las mismas se encuentran, en un caso dentro de la región semiárida de la provincia de Córdoba y en otro caso se desarrolla principalmente dentro de la llanura pampeana que abarca parte de las provincias de Córdoba y Santa Fe.



Figura 2.- Mapa regional de Argentina: región del norte, región centro, región del nuevo cuyo, región patagónica (2007)

El estudio que conforma uno de los capítulos iniciales y que motivó el presente trabajo debido a que constituyó la Tesis de Maestría de la autora (Vicario, 2008), se desarrolló en la cuenca del dique San Roque que posee una superficie de 1750 km² y se emplaza en la región semiárida de la Provincia de Córdoba.

Una de las cuencas que forman parte de la cuenca del dique San Roque, es la del río San Antonio, la cual posee un área de 565 km² y cuyo cauce principal posee una longitud de aproximadamente 46 km, confluyendo al dique San Roque por el extremo sur del mismo, con un módulo que ronda los 4 m³/s.

La cuenca del río Carcarañá se localiza en el centro-sudeste de la provincia de Córdoba y luego atraviesa el sur la provincia de Santa Fe para desembocar en el río Paraná. El río Carcarañá, drena un área de 48150 km². Esta cuenca está integrada por los ríos Ctalamochita o Tercero y Chocancharava o Cuarto, correspondiente a la vertiente Atlántica de la Hidrografía argentina por ser efluente del río Paraná. El sistema tiene sus nacientes en la vertiente este de las sierras de Comechingones donde una serie de pequeños arroyos recorren una corta distancia hasta formar los cauces troncales de los ríos Tercero y Cuarto recorriendo, principalmente, la llanura central de Argentina.

Tomando como referencia a la Figura 3, la cuenca del dique San Roque y la perteneciente a uno de sus afluentes: el río San Antonio, corresponden al sistema serrano denominado con el número 91, mientras que la cuenca del río Carcarañá pertenece al sistema del río Paraná y abarca todo el contorno identificado con el número 31.

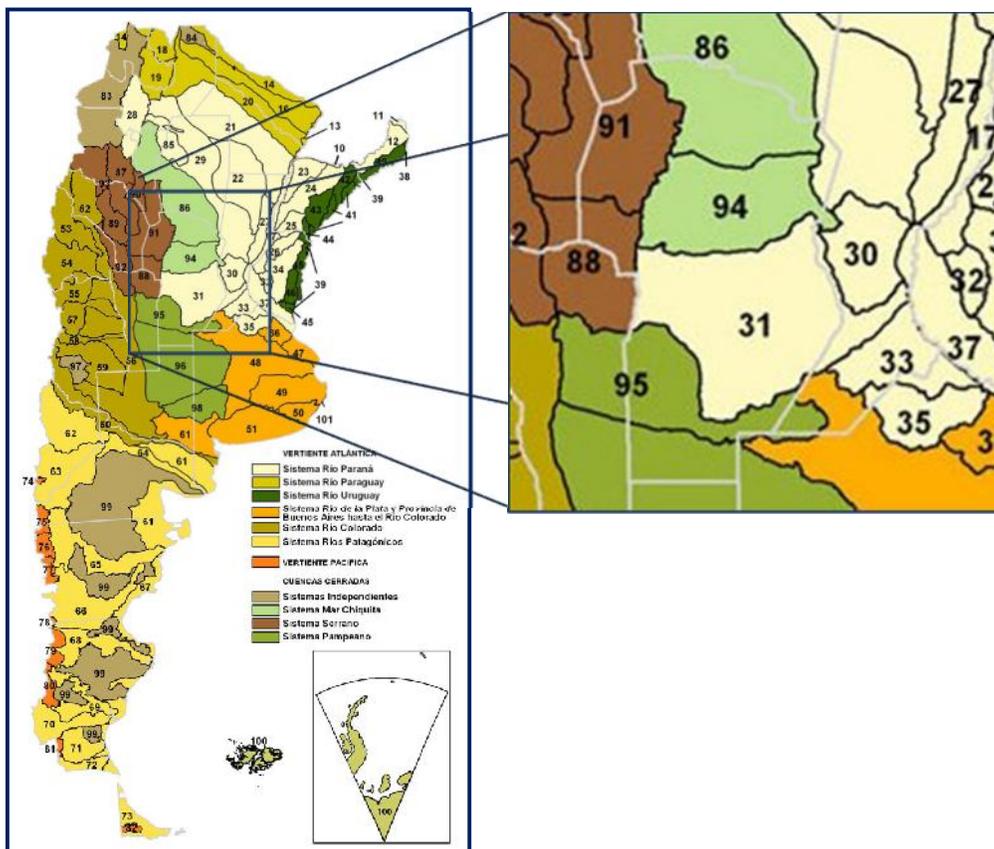


Figura 3.- Mapa de cuencas y regiones hídricas superficiales de la República Argentina y ampliación de la región de interés. Fuente: Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. Sitio web: www.hidricosargentina.gov.ar

RESUMEN DE LA LÍNEA DE TRABAJO DESARROLLADA EN LA TEMÁTICA DE LAS SEQUÍAS

Si bien existen antecedentes sobre distintos tipos, aspectos y enfoques del fenómeno de las sequías alrededor del mundo, y desde hace varias décadas (Keyantash y Dracup, 2002 y Hao y AghaKouchak, 2013, entre otros) los estudios sobre la relación entre las variables hidrometeorológicas y distintos tipos de sequías son escasos y en regiones pertenecientes a otros continentes como el europeo (Wong et al., 2013; Santos et al., 2015) o el asiático (Zhiyong et al., 2015)

En Latinoamérica, generalmente los estudios de sequías se desarrollan sobre un único enfoque tal como el climático, (Santos, 2011; Rivera, 2014), agrícola (Blain, 2012; Carrão, et al., 2013) o hidrológico (Wagner Gómez, et al., 2012).

En Argentina los antecedentes relacionados a la sequías tienen, predominantemente, un enfoque climático y agrícola (Scian y Donnari, 1997; Hartmann, et al., 2003; Havrylenko, et al., 2013) o bien, forman parte de un estudio con otros ejes temáticos (Scarpati y Capriolo, 2013). Específicamente en la región central de Argentina, los estudios sobre las sequías hidrológicas o sobre la relación entre distintos tipos de sequías, son escasos.

Para avanzar y profundizar el análisis sobre este fenómeno crítico extremo con características complejas de definir y debido a la precariedad de información en el área de interés, existen obstáculos y limitaciones que requieren de un esfuerzo mayor e interdisciplinario. Pero con vista a nuevos desarrollos, instrumental y tecnologías de avanzada es conveniente llevar a cabo trabajos que sienten las bases para futuras investigaciones al respecto. En este sentido los objetivos la línea de trabajo desarrollada se menciona a continuación de manera sintética:

Objetivo general

Producir avances en el conocimiento, tanto de los aspectos técnicos-científicos asociados a las sequías de Tipo III, como así también en las distintas etapas referidas al área de la Hidrometeorología que conllevan a la ocurrencia de este fenómeno extremo, en la región central de la República Argentina.

Objetivos específicos

Evaluación, análisis y aplicación de técnicas tradicionales y recientes para la identificación y evaluación tanto de las variables hidrometeorológicas, como de los índices involucrados en las sequías meteorológicas e hidrológicas, respectivamente.

Caracterización del comportamiento de las variables de lluvia y caudal en el área de estudio y su relación entre sí.

Identificación de las interacciones entre la ocurrencia de los distintos tipos de sequías para establecer las bases para el desarrollo de metodologías futuras de pronóstico y/o predicción, a partir de datos existentes de las variables representativas de los distintos procesos.

Identificar frecuencias de tiempo dominantes en las series de variables características e índices de sequías para caracterizar la escala temporal de evolución de los procesos involucrados.

Delinear las bases y antecedentes necesarios para ampliar y profundizar los estudios relacionados a las sequías en la región central de Argentina, a medida que se obtengan datos en cantidad y de calidad, como así también, a medida que lo permitan el desarrollo de nuevas metodologías y los avances tecnológicos y digitales.

SÍNTESIS DE RESULTADOS DE TRABAJOS REALIZADOS

En los Estudios iniciales de sequías en la región. Caso: cuenca del dique San Roque, se presenta una breve síntesis del trabajo de Maestría de la autora que fue la motivación a partir del cual se decidió ampliar y profundizar la temática de las sequías en la región central de la República Argentina. El desarrollo se basa en la evaluación de las sequías hidrometeorológicas en la cuenca del dique San Roque de la provincia de Córdoba, ya que dicho dique tiene gran importancia en una de las ciudades más importantes de la región de interés. Algunos de los resultados de relevancia son:

- Se observaron varios períodos plurianuales con sequías severas y extremas que alternan con períodos normales a húmedos, de manera cíclica. Los períodos de sequías más intensos y prolongados sucedieron en la segunda mitad de la década del '40 y a fines de la década del '60 a partir del cual existieron extensos períodos húmedos y muy húmedos. Desde la década del '80 existieron eventos de sequías aislados y menos severos.
- Se observó que, a excepción de Noviembre y Diciembre, el resto de los meses presentan una probabilidad superior al 50% de caracterizarse como secos. En el período 1943-1999 la mayor frecuencia de ocurrencia de sequías severas en la cuenca estudiada se observó en el mes de marzo, pero no se registraron eventos de sequías extremas en dicho mes.

En los Estudios iniciales de sequías en la región. Caso: cuenca del río Carcarañá, se analizaron los datos de la variable lluvia y la representatividad de las estaciones pluviométricas entre sí, pertenecientes también a la región central de la República Argentina (conformada por las provincias de Córdoba, Santa Fe y Entre Ríos), debido a la escasez de registros y datos en la misma. A partir de esto se evalúa un índice de sequía hidrometeorológica. Algunos de los resultados obtenidos son:

- Se conformaron tres subáreas pluviométricas estadísticamente homogéneas. Las estaciones representativas de cada subárea son: Grupo 1: estaciones de Sauce Viejo, Rosario, Paraná y Gualaguaychú; Grupo 2: estaciones de Villa María de Río Seco, Pilar y Córdoba y Grupo 3: estaciones de Río Cuarto, Laboulaye, Venado Tuerto, Marco Juárez, el Trébol y Ceres.
- Tomando como referencia el índice SPI (12 meses) se corrobora que las estaciones pertenecientes a cada uno de los grupos conformados poseen un comportamiento similar respecto de los períodos de sequías. Específicamente, en los 3 grupos se observaron períodos de sequías severas y/o extremas alrededor de los años 1989 y 2008-2009 en todas las estaciones, además de eventos puntuales de sequías intensas en algunas de las ellas a fines de la década del '90. Esto indicaría un posible déficit hidrometeorológico a nivel regional en la segunda mitad de cada década. Comparando con los

resultados obtenidos en la cuenca alta del río Suquía en el periodo de tiempo común a ambos casos (1980-1999) solamente, es posible verificar que también hacia fines de la década del '90, específicamente en el año 1999 ocurrieron sequías extremas.

- Además se observó que, hacia el Este de la región centro de Argentina y a partir de fines de la década del '90, los períodos húmedos son más intensos.

En el estudio sobre la Evaluación de un índice de sequías hidrológicas se muestra el análisis de un índice pertinente utilizando la metodología de series sintéticas para evaluar la influencia de las variaciones temporales generadas por distintos procesos en una serie de caudales mensuales. Algunos de los resultados observados se mencionan a continuación:

- Se observó que es posible analizar las sequías hidrológicas dentro de la región centro de la República Argentina tanto en zonas de llanura, como en zonas serranas, utilizando el índice SDI aunque teniendo en cuenta determinadas condiciones para dicha metodología.
- Los resultados de la evaluación del índice SDI a través de la utilización de series sintéticas muestran que, en general es conveniente para el estudio de las sequías hidrológicas en la región centro de la Argentina, utilizar el intervalo de análisis de 12 meses (k4) del índice SDI aplicado a una serie de caudales mensuales, de tal manera de minimizar la influencia de algunos de los procesos temporales que componen la variable caudal y que no serían representativos del fenómeno de la sequía hidrológica, tales como la variabilidad interanual y la aleatoriedad.
- Con respecto a la ocurrencia de sequías hidrológicas evaluadas a través del índice SDI (k4) en las cuencas del río Carcarañá y del río San Antonio representadas por sendas estaciones hidrométricas al cierre de las cuencas, se pudo observar que ocurrieron sequías suaves a moderadas en periodos similares y sin evidencia de la ocurrencia de sequías extremas en ninguno de los casos analizados.

TRABAJOS EN DESARROLLO CUYOS RESULTADOS SE ENCUENTRAN EN REVISIÓN

Validación y uso de datos de lluvias medias mensuales con valores obtenidos por TRMM, donde se describe la información de las variables hidrometeorológicas disponibles para la validación de datos calculados a partir de tecnologías no convencionales, con el objetivo de profundizar el estudio de las sequías.

Análisis de correlación entre las variables e índices representativos de sequías. Aquí se muestra la evaluación de la correlación entre las variables relevantes que dan origen a las sequías tipo III, como lo son la lluvia y el caudal de manera conjunta y paralela en dos cuencas con diferentes características dentro de la región central de Argentina. También, se analiza la correlación entre índices representativos de las sequías meteorológicas

y de las sequías hidrológicas respectivamente, en ambas cuencas utilizadas para obtener y comparar resultados sobre dos unidades hidrológicas diversas dentro de la región de estudio.

Análisis de frecuencias en series de variables e índices representativos de sequías. Por último se analizan las frecuencias relacionadas a distintos procesos climáticos de diferentes escalas temporales de las series de interés, en dos áreas claramente identificadas como lo son la serrana y la de llanura.

En todos los casos es posible ampliar y complementar la temática de las sequías, e inclusive aplicar las metodologías utilizadas en distintas cuencas o sitios de interés. Con el fin de divulgar y hacer conocer los trabajos llevados a cabo, se realiza este trabajo a modo de resumen.

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS

Blain, G.C. 2012. Revisiting the probabilistic definition of drought: strengths, limitations and an agrometeorological adaptation. *Bragantia*, Campinas, v. 71, n. 1, p.132-141, *Agrometeorological review*

Carrão, H., Sepulcre, G., Horion, S. and Barbosa, P. 2013. A multitemporal and non-parametric approach for assessing the impacts of drought on vegetation greenness: a case study for Latin America. *Earsel eproceedings 12, 1/2013*

Dracup, J.A, Lee, K.S. y Paulson, E.G. jr. 1980. On the definitions of drought. *WRR. Vol.16, núm. 2, pp. 297-302*

Hao, Z., AghaKouchak, A. 2013. Multivariate Standardized Drought Index: A parametric multi-index model. *Elsevier. Advances in water resources. Volume 57, July 2013, Pages 12–18*

Hartmann, T., Di Bella, C., Oricchio, P. 2003. Assessment of the possible drought impact on farm production in the SE of the province of Buenos Aires, Argentina. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing Volume 57, Issue 4, February 2003, Pages 281–288. Elsevier*

Havrylenko, S. B., Bodoque, J. M., Zucarelli, G. V., & Mercuri, P. A. 2013. Agricultural drought analysis in the Arrecifes basin [Pampa region, Argentina] using the SWAT model. *In International SWAT Conference & Workshops. July 17-19, 2013. Toulouse. FR.*

Keyantash, J. and Dracup, J.A. 2002. The Quantification of Drought: An Evaluation of Drought Indices. *Bull. Amer. Meteor. Soc., 83, 1167–1180.*

Kim Tae-W, Valdés JB, Aparicio J 2002. Frequency and spatial characteristics of droughts in the Conchos River Basin, Mexico. *IWRA, Water Int. 27(3): 420-430.*

Mishra, A. K. y Singh, V. P. 2010. A review of drought concepts. *Journal of Hydrology 391 (2010) 202–216.*

ONU- Habitat. Programa de las Naciones Unidas para los asentamientos Humanos. 2012. Estado de las ciudades de América Latina y el Caribe. *ISBN Serie 978-92-1-133397-8 ISBN Volumen 978-92-1-132469-3.*

Ortiz Gómez, R., Barragán Barrios, M. C. y Alvarado Medellín, P. 2010. Evaluación de la sequía meteorológica a escala regional en la cuenca Lerma Chapala. *XXIV Congreso Latinoamericano de Hidráulica. Punta del Este, Uruguay.*

- Palmer, W.C. 196). Meteorological drought. U.S. Department of commerce. *Weather bureau. Research paper n°45.*
- Plataforma educativa de recursos digitales. Carpeta pedagógica. Sitio web: <http://mundocartografico.carpetapedagogica.com/2011/07/mapa-de-argentina-regiones.html>
- Ravelo, Andrés C. 2009. Monitoreo y evaluación de las sequías en Argentina. *Seminario Internacional sobre Sequías y Gestión del Riesgo Climático. CAZALAC. Chile.*
- Rivera, Juan Antonio 2014. Aspectos climatológicos de las sequías meteorológicas en el sur de Sudamérica. Análisis regional y proyecciones futuras *Tesis Doctoral Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Universidad de Buenos Aires.*
- Santos, J.F.; Portela, M.M.; Pulido-Calvo, I. 2015. Previsão de secas na primavera em Portugal Continental com base em indicadores climáticos de larga escala. *Ingeniería del Agua. 19.4. EISSN: 1886-4996. ISSN: 1134-2196. IWA Publishing, Editorial UPV, FFIA. Págs 211-227.*
- Santos, Marcus 2011. Caracterização espaço-temporal de secas utilizando ondaletas e o standardized precipitation index: uma aplicação para a parcela mineira da bacia do rio São Francisco. *Universidade Federal de Minas Gerais. Programa de pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte.*
- Scarpati, O.E., Capriolo, A.D. 2013. Sequías e inundaciones en la provincia de Buenos Aires (Argentina) y su distribución espacio-temporal. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía. Volume 2013, Issue 82, December 2013, Pages 38–51.*
- Scian, B. and Donnari, M. 1997. Retrospective analysis of the Palmer Drought Severity index in the semi-arid pampas region, Argentina. *International Journal of Climatology. Volume 17, issue 3, pages 313–322, 15. March 1997.*
- Subsecretaría de Recursos Hídricos. Ministerio de Obras Públicas de la Nación 2014. Cuencas y regiones hídricas superficiales. Sitio web: <http://www.hidricosargentina.gov.ar>.
- Tsakiris, G. y Pangalou, D. 2009. Drought characterisation in the Mediterranean. En: *Coping with drought risk in agriculture and water supply systems. Iglesias, A., Garrote, L., Cancelliere, A., Cubillo, F., Wilhite, D. (eds.), Springer, págs. 69-80.*
- Vicario, L. 2008. Evaluación de las sequías hidro-meteorológicas en la cuenca del dique San Roque, Córdoba. *Tesis de Maestría. FCEFYN. Universidad Nacional de Córdoba.*
- Vicario, L.; Ravelo, A.; Zanvettor, R. y Rodríguez, A. 2007. Monitoreo de las sequías en la cuenca del dique San Roque, Córdoba. *Memorias del XXI Congreso Nacional del Agua. Tucumán, Argentina.*
- Wagner Gómez A.I., Ortiz Gómez R. y Barragán Barrios M.C. 2012. Evaluación de la sequía hidrológica en la cuenca Lerma Chapala. *XXII Congreso Nacional de Hidráulica. Acapulco, Guerrero, México.*
- Wilhite, D.A. and Glantz, M. H. 1985. Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. *Water international, vol. 10: 111-120.*
- Wong, G., van Lanen, H.A.J., and Torfs, P.J.J.F. 2013. Probabilistic analysis of hydrological drought characteristics using meteorological drought. *Hydrological Sciences Journal, 58 (2), 253–270.*
- Zhiyong Wu , Yun Mao, Xiaoyan Li, Guihua Lu, Qingxia Lin, Huating Xu. 2015. Exploring spatiotemporal relationships among meteorological, agricultural, and hydrological droughts in Southwest China. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment pp 1-12.*