

Análisis de las Características de la Lluvia en la Provincia de Santa Fe (Argentina)

Ing. Mario L. Silber ¹
Ing. Susana B. Vanlesberg ²

Proyecto Modelación Matemática de la Lluvia diaria santafesina
Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas - Universidad Nacional del Litoral-C.C.:217 -
Ciudad Universitaria - Paraje El Pozo - (3000) - Santa Fe - TE: 0342-4575238

¹ ✉ msilber@fich.unl.edu.ar

² ✉ suvan@fich1.unl.edu.ar

Conteúdo	<p>1 Introducción</p> <p>2 Datos Utilizados</p> <p>3 Metodología</p> <p>4 Conclusiones</p> <p>5 Referencias Bibliográficas</p> <p>6 Anexos</p>
-----------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Resumen: Se analiza el comportamiento de dos series de tiempo: la precipitación diaria areal y puntual, proponiendo distintos criterios de modelación (estadística y estocástica). A través de este trabajo se intenta aprovechar al máximo la información pluviométrica existente y disponible en la provincia, y aún donde no se dispone de observaciones, como ocurre en muchos sitios del interior provincial. Esto beneficiará, entre otros, a los proyectos de obras hidráulicas en general, los estudios de drenaje vial, los estudios de erosión hídrica en cuencas, y a proyectos asociados al abastecimiento de agua rural y urbana.

1 Introducción

La precipitación es, normalmente, la principal variable hidrológica a tener en cuenta, tanto para estudios de balance como para predicción de caudales.

En estudios relacionados con el balance, lo que se necesita es la precipitación areal media durante un período determinado de tiempo.

Considerando a la precipitación como un campo aleatorio multidimensional, es posible fijar una estructura de correlación y aplicar la Teoría de los Campos Paramétricos Continuos a los efectos de estimar la precipitación media areal.

Esta teoría se basa en suponer una estructura de correlación espacial circular, exponencialmente decreciente, en un medio de propiedades isotrópicas.

En este trabajo se analiza el comportamiento de dos series de tiempo: la precipitación diaria areal y puntual (por estaciones), proponiendo distintos criterios de modelación (estadística y estocástica).

Muchos autores han usado las cadenas de Markov para modelar la precipitación diaria. Por ejemplo Gabriel y Neumann analizaron la ocurrencia de precipitaciones en Tel Aviv empleando una cadena markoviana de primer orden con dos estados (lluvia y no lluvia). Autores más modernos utilizaron cadenas de múltiples estados; por ejemplo Haan et al. analizaron una cadena de siete estados correspondiendo cada uno de ellos a diferentes montos de precipitación.

Las proporciones observadas de días lluviosos usualmente cambian suavemente a lo largo del año y por lo tanto pueden ser modeladas como funciones continuas del tiempo, mientras que la distribución de las cantidades de lluvia en días de lluvia puede ser modelada a través de distribuciones pertenecientes a la familia Gamma, con parámetros que también varían a lo largo del año. Las combinaciones de estos tipos de modelos son ejemplos de los Modelos Lineales Generalizados, objetivo último del estudio.

2 Datos Utilizados

La zona sobre la que se ha aplicado la metodología es el centro - norte de la provincia de Santa Fe. Esta región está delimitada al norte por el límite con la Provincia del Chaco (Paralelo 28), al este por la Ruta Nacional N° 11 hasta Malabrigo y desde allí una línea recta que la une con Guasuncho; al sur por la Ruta Prov. N° 39, Ruta Prov. N° 2 y el Río Salado, y al Oeste con la Provincia de Santiago del Estero.

Se han considerado 27 estaciones pluviométricas con registros diarios, desde el año 1960 hasta el 1992 incluido. Gran parte de estas estaciones son o han sido operadas por organismos públicos, tales como el Servicio Meteorológico Nacional a través de Ferrocarriles, o la Dirección Provincial de Hidráulica de la Provincia de Santa Fe, mientras que otras son operadas por productores o cooperativas de productores de la región.

A su vez, se ha creído conveniente desagregar espacialmente la zona en seis regiones: la Región 1, al noroeste; la Región 2, al centro - norte, la Región 3, al noreste y limitada al este por la Ruta Nacional N° 11; la Región 4, inmediatamente al sur de la Región 2 hasta el Río Salado, la Región 5, por debajo de la Región 3 y también hasta el Río Salado, y la Región 6, en la margen derecha del mismo río. Excepto en el caso del Río Salado, que hace de división natural, todos los otros límites son coincidentes con rutas, o son políticos, como en el caso del límite norte de las Regiones 1, 2, y 3 u Oeste de la Región 1.

3 Metodología

Muchas de las estaciones utilizadas tienen récords incompletos, o no son contemporáneas en toda su extensión. El primer paso fue rellenar la pluviometría diaria faltante en las estaciones donde fuese necesario, siendo esto posible mediante la aplicación de la *Teoría de los Campos Paramétricos Continuos* (Silber 1998).

Para ello se elaboraron aproximadamente 12000 campos, día a día, rellenando la información faltante a partir de las coordenadas de las estaciones con datos, de los valores observados en las mismas y de las coordenadas de las estaciones incompletas. Una vez obtenidos los datos diarios, se realizó la agregación necesaria para obtener los distintos tipos de series:

- a) Series de precipitaciones anuales totales, estación por estación;
- b) Series de precipitaciones medias areales anuales, subregión por subregión y en toda la zona ;
- c) Series de precipitaciones medias areales diarias, subregión por subregión y en toda la zona .

Se han analizado zonas y estaciones representativas, y se ha trabajado con las series diarias correspondientes a todas las estaciones, una vez eliminados los ceros y con las series medias areales diarias para las seis zonas en que se dividió a toda la zona de estudio.

Se ha ajustado en cada una de ellas una distribución teórica de probabilidades representativa de las precipitaciones diarias.

Se han seleccionado, para este cometido, los meses centrales de cada estación: febrero, mayo, agosto, noviembre. Se efectuó el ajuste de la distribución Exponencial (perteneciente a la familia de la Gamma), observándose un comportamiento similar en el parámetro de la misma, en toda la región analizada; sólo se ha observado una diferencia en los órdenes de magnitud del parámetro como es lógico debido a las diferencias en las cantidades de lluvia registrada en cada estación.

Sin embargo se observa en los cuatro meses que el máximo valor del parámetro se ubica en la misma zona indicando esto que en esta zona existe una estación con elevados registros en todas las estaciones analizadas.

4 Conclusiones

En los análisis de inferencias, tan necesarios para el dimensionamiento, lo más adecuado es tener en cuenta el entorno regional, geográfico y climático que condiciona el fenómeno.

El análisis de la variabilidad espacial de los campos de parámetros es previo al análisis de la variabilidad temporal de los mismos.

Por lo tanto el estudio conjunto de estas variaciones (espacial y temporal) y las relaciones entre los campos de parámetros de distintas variables permitirá la postulación de modelos de series de tiempo conservativos de los campos al nivel de desagregación que se desee.

El nivel actual de incertidumbre en relación a la cuantificación de las precipitaciones diarias en distintos sectores de la provincia, representa un inconveniente para el proyecto de obras hidráulicas. En algunos casos el problema es salvado sobredimensionando las obras (y así sus costos), mientras que en otros casos se aplican técnicas expeditivas reñidas con el actual desarrollo de la ingeniería hidrológica.

A través de este trabajo se intenta aprovechar al máximo la información pluviométrica existente y disponible en la provincia, y aún donde no se dispone de observaciones, como ocurre en muchos sitios del interior provincial. Esto beneficiará, entre otros, a los proyectos de obras hidráulicas en general, los estudios de drenaje vial, los estudios de erosión hídrica en cuencas, y a proyectos asociados al abastecimiento de agua rural y urbana.

5 Referencias Bibliográficas

Silber, M. : "*Teoría de los Campos Paramétricos Continuos*". Inédito . **Carlos Paz (Córdoba) - Santa Fe – (Argentina) - (1988)**.

6 Anexos : Variación del parámetro de la distribución exponencial

Figura 1 : mes de febrero

Figura 2 : mes de mayo

Figura 3 : mes de agosto

Figura 4 : mes de noviembre

Análisis de las Características de la Lluvia en la Provincia de Santa Fe (Argentina)

Ing. Mario L. Silber · Ing. Susana B. Vanlesberg

R e f e r e n c i a s	
Intervalo	Caracter.
3.36 - 3.77	111
3.77 - 4.18	222
4.18 - 4.58	333
4.58 - 4.99	444
4.99 - 5.39	555
5.39 - 5.80	666
5.80 - 6.21	777
6.21 - 6.61	888
6.61 - 7.02	999
7.02 - 7.42	000

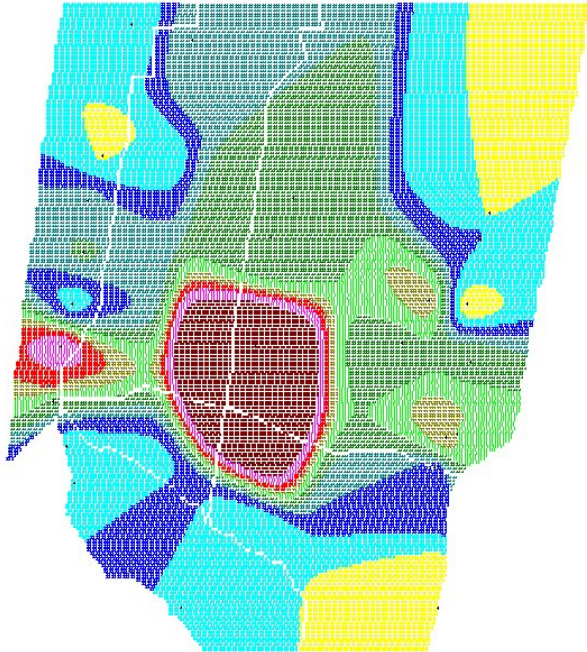


Figura N° 1 - Variación del parámetro de la distribución Exponencial - Mes de Febrero

Análisis de las Características de la Lluvia en la Provincia de Santa Fe (Argentina)

Ing. Mario L. Silber · Ing. Susana B. Vanlesberg

Intervalo	Referencia	Caracter
.45 - .51	444	aaa
.51 - .57	444	aaa
.57 - .62	444	aaa
.62 - .68	444	aaa
.68 - .74	444	aaa
.74 - .80	444	aaa
.80 - .85	444	aaa
.85 - .91	444	aaa
.91 - .97	444	aaa
.97 - 1.03	444	aaa

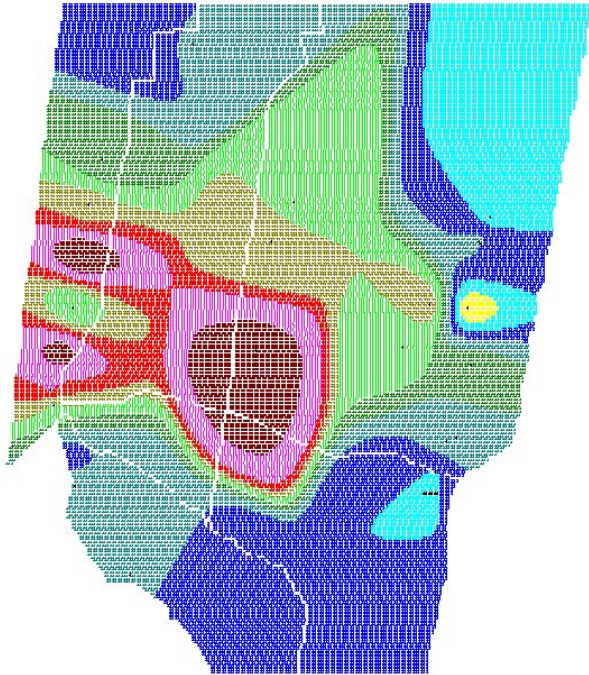


Figura N° 2 - Variación del parámetro de la distribución Exponencial - Mes de Mayo

Análisis de las Características de la Lluvia en la Provincia de Santa Fe (Argentina)

Ing. Mario L. Silber · Ing. Susana B. Vanlesberg

Intervalo	Caracter
.45 - .51	1111
.51 - .57	1111
.57 - .62	1111
.62 - .68	1111
.68 - .74	1111
.74 - .80	1111
.80 - .85	1111
.85 - .91	1111
.91 - .97	1111
.97 - 1.03	1111

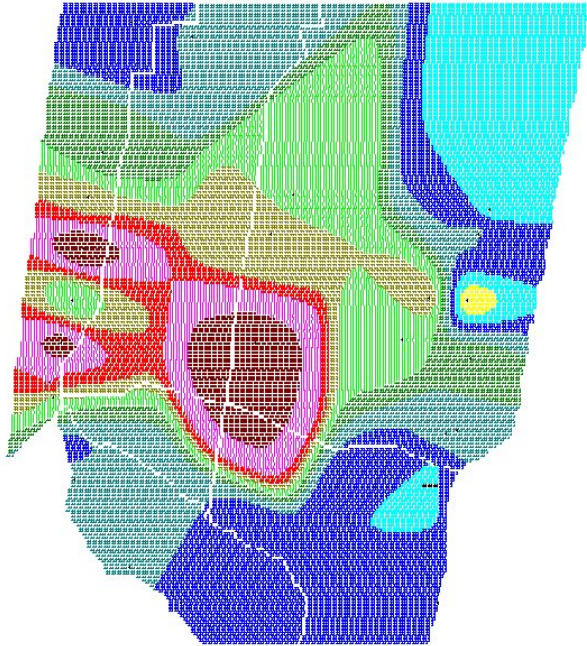


Figura N° 3 - Variación del parámetro de la distribución Exponencial - Mes de Agosto

Análisis de las Características de la Lluvia en la Provincia de Santa Fe (Argentina)

Ing. Mario L. Silber · Ing. Susana B. Vanlesberg

Intervalo	Caracter
4.03 - 4.47	1
4.47 - 4.91	2
4.91 - 5.35	3
5.35 - 5.79	4
5.79 - 6.23	5
6.23 - 6.67	6
6.67 - 7.11	7
7.11 - 7.55	8
7.55 - 8.00	9
8.00 - 8.44	10

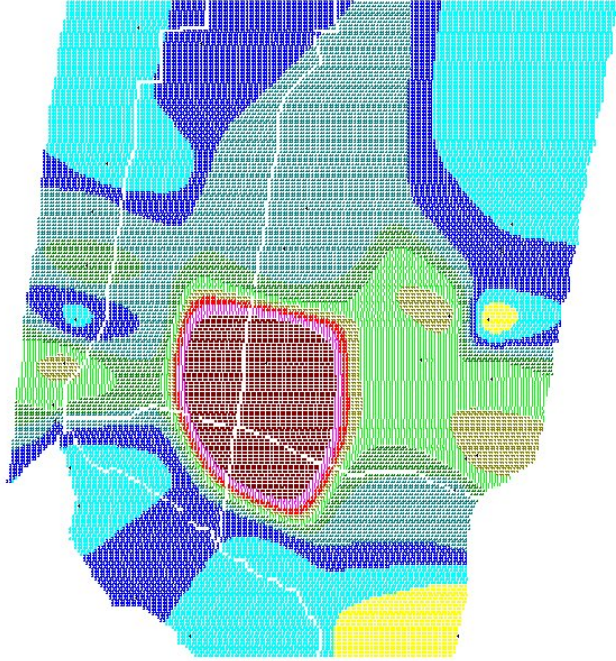


Figura N° 4 - Variación del parámetro de la distribución Exponencial - Mes de Noviembre