

INVENTARIO Y GENERACIÓN DE PLUVIOMÉTRICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MAPAS DE ISOYETAS A TRAVÉS DEL SOFTWARE SURFER®. CASO: FINCA “LAS CALDERAS”, MUNICIPIO TRUJILLO DEL ESTADO TRUJILLO

Inventory and generation of Rainfall information for construction of isohyrts maps through surfer® software. Case: Finca “Las Calderas”, municipality of Trujillo, Trujillo state.

Barreto P., Diego M.¹; Mora M., Luis²; Umbría N., Igle C.³ y Núñez G., Aixa⁴

^{1,2}CIDIAT - Universidad de Los Andes, apartado 219, Mérida.

E-mail: diegobarreto@ula.ve

^{3,4}NURR - Universidad de Los Andes, Trujillo

Fecha de inicio: octubre 2011 – finalización: marzo 2012

Este artículo forma parte de la tesis de pregrado (mención publicación) presentada a la Universidad de Los Andes, Núcleo Universitario “Rafael Rangel” como requisito final para la obtención del título de Ingeniero Agrícola.

RESUMEN

En las actividades agrícolas es fundamental el conocimiento de la magnitud y distribución de precipitación en cuanto a tiempo y espacio, ya que permite la planificación y diseño adecuado de muchos proyectos relacionados con el agua. Es por ello, que se llevó a cabo un estudio en la finca Las Calderas, ubicada en el municipio Trujillo del estado Trujillo, con el objeto de generar información pluviométrica para la realización posterior de proyectos agrícolas. Para ello se realizó una recopilación de datos pluviométricos de las principales estaciones meteorológicas distribuidas en la cuenca del río Castán del estado Trujillo influyentes del área de estudio. Esta información fue sometida a un análisis estadístico, realizando un relleno provisional de datos faltantes a nivel anual, con el fin de construir la curva de doble masa que permitió determinar el rango de períodos dudosos y confiables utilizando registros desde 1968 hasta la actualidad. Una vez verificada la consistencia y confiabilidad de los datos pluviométricos se hizo una estimación más precisa de datos faltantes a nivel anual y mensual a partir de registros de la estación problema y de información de estaciones vecinas. Seguidamente se utilizó el software Surfer® versión 9.1.325 para la construcción de mapas isoyéticos mensuales, y por consiguiente, anuales. Finalmente, se encontró que el área de estudio presenta un régimen de lluvias bimodal, con dos (2) “picos”, uno (1) en Abril con una estimación de 122,9 mm y otro en Octubre con 114,65 mm, siendo los meses de Enero y Diciembre los más secos con aproximadamente 37,1 mm y 46,52 mm respectivamente.

Palabras clave: precipitación, datos faltantes, surfer, isoyetas.

ABSTRACT

In agricultural activities is fundamental the knowledge of the magnitude and distribution of precipitation in terms of time and space, as it allows for the proper planning and design of many water-related projects. Following this idea, a study was carried out in the finca "Las Calderas", located in the municipality of Trujillo Trujillo state, with the aim of generating rainfall information for the implementation of agricultural projects. A collection of rainfall data from weather stations distributed in the basin of the ríoCastán Trujillo state was performed for the area of study. This information was subjected to statistical analysis for the estimation of annual missing data in order to build a double mass curve, which enabled us to identify the range of both good and dubious records from 1968 to present. Once verified the consistency and reliability of the rainfall data, a more accurate estimation of missing data at annual and monthly time steps was performed, using the station with missing data and surrounding weather stations. Then, the software Surfer® version 9.1.325 was used for the construction of monthly isohyet maps, and consequently, the annual maps. It was found that the study area presents a bimodal rainfall pattern, with two (2) "peaks", one (1) in April, with an estimate of 122.9 mm and another in October with 114.65 mm, being the months of January and December the driest with approximately 37.1 mm and 46.52 mm respectively.

Key words: precipitation, missing data, surfer, isohyets.

INTRODUCCIÓN

La precipitación es una variable climática que varía espacial y temporalmente. La medición de dicha variable la constituye un conjunto de datos que deben someterse a análisis y síntesis para obtener valores confiables y fáciles de utilizar en proyectos relacionados con el recurso hídrico, recurriendo para esto a la estadística, escogiendo un modelo matemático que represente el comportamiento de la lluvia en el lugar de estudio.

Cabe agregar, que existen además situaciones durante la medición que pueden afectar los registros pluviométricos debido a posibles cambios de lugar o movimiento de instrumentos; cambios del espacio físico del entorno donde se encuentra la estación; imposibilidades para registrar el dato en el momento adecuado, que conllevan a la inconsistencia o ausencia de datos.

Bajo éste contexto generalmente se encuentran los datos de precipitación registrados en las diferentes estaciones de Venezuela y, particularmente, en el estado Trujillo donde se hace necesario aplicar métodos estadísticos para así obtener datos pluviométricos confiables para su posterior uso en planes agrícolas.

Hechas las consideraciones anteriores, en el presente trabajo se planteó un manejo de información pluviométrica de las estaciones influyentes a la finca "Las Calderas" ubicada en el municipio Trujillo del estado Trujillo, para así conocer el

régimen de precipitaciones que gobierna la zona a través del uso de mapas de isoyetas a nivel mensual y anual trazadas de manera rápida y efectiva por medio del software Surfer@versión 9.1.325, facilitado por el Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial, de la Universidad de Los Andes (CIDIAT-ULA). Esta información será utilizada posteriormente para la realización de proyectos con fines agrícolas, como por ejemplo, la estimación de disponibilidad hídrica para cubrir la demanda de agua de la zona de estudio, necesidad de riego de los cultivos, entre otros.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una recopilación, revisión y posterior análisis de toda información de interés, referida esencialmente a cartografía y precipitación.

La información cartográfica se extrajo de la carta nacional 6144CSO a escala 1:25000 del año 1999.

Con el fin de realizar comparaciones y correlaciones de datos de precipitación por métodos estadísticos, se tomó en cuenta las siguientes estaciones pluviométricas: La Cristalina (Serial: 2167), Trujillo-Liceo (Serial: 2156), Ortiz (Serial: 7155), San Lázaro (Serial: 2115) y Santiago de Trujillo (Serial: 2185), influentes sobre el área de estudio, pertenecientes al Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (M.P.P.A.), considerando un período de registro suficientemente extenso de 44 años.

Seguidamente se analizó la información pluviométrica, verificando y asegurando que fuese de extensión suficiente, consistente y completa, requisitos necesarios para poder hacer un manejo estadístico correcto de dicha información (Chereque, 1989).

En la comprobación de la consistencia de los datos pluviométricos fue necesario realizar previamente un "relleno provisional aproximado de datos faltantes" anuales, debido a la presencia de vacíos en la información. Para esto se aplicó el método del *promedio aritmético*, calculando el promedio de los valores de precipitación registrados en las estaciones tomadas como referencia para el mismo período, a través de Ecuación 1.

$$P_X = \frac{P_A + P_B + P_C}{3} \quad (1)$$

Donde:

P_X : Dato faltante en la estación X
 P_A , P_B y P_C : Registro de precipitación en las estaciones A, B y C para el mismo período

Análisis de consistencia

A partir de los valores anuales hallados con el promedio aritmético se realizó el análisis de consistencia con el fin de observar el comportamiento a lo largo de 44 años de registro de las 4 estaciones consideradas. Para ello se graficó la curva de doble masa para cada estación, llevando sobre el eje de las ordenadas los valores

acumulados de la estación dudosa o problema, y sobre el eje de las abscisas los valores acumulados de las estaciones de referencia. Trezza (1997) indica que si al hacer dicha curva se observa que los datos se alinean en línea recta, se dice que los datos son consistentes, caso contrario (se produce un cambio de pendiente en la recta), se dice que hay una inconsistencia en los datos.

Estimación de datos faltantes

Un dato faltante es un valor de precipitación que se desconoce totalmente debido, como se dijo anteriormente, a posibles fallas en los aparatos de medición, fallas de operación, entre otros.

Así pues, una vez comprobada la consistencia de los datos de las estaciones se procedió a estimar los datos faltantes a nivel mensual. Se tomaron en cuenta los siguientes métodos:

- *Estimación de datos faltantes con base en información de la misma estación* (Ecuación 2) presentado por Duque (1993).

$$\frac{X_i}{N_i} = \frac{\sum X_i + \sum X_j}{N_a} \quad (2)$$

Donde:

- i: Denominación de los meses o períodos de datos faltantes, $i= 1,2 \dots, n$.
- N_i : Promedio de precipitación mensual a lo largo del período de registro para el mes i .
- X_i : Dato faltante para el mes i .
- X_j : Datos de precipitación conocidos en el año donde se encuentra el dato faltante X_i .
- N_a : Precipitación normal o anual, promedio de los totales anuales.

- *Cocientes normales* (Lobo y otros, 2006), o también conocido como *proporción normal* (Trezza, 1997), en base a la Ecuación 3.

$$P_x = \frac{N_x}{3} \left[\left(\frac{P_A}{N_A} \right) + \left(\frac{P_B}{N_B} \right) + \left(\frac{P_C}{N_C} \right) \right] \quad (3)$$

Donde:

- N_A, N_B, N_C, N_x : Valor normal o promedio de las precipitaciones anuales registradas en A, B, C, y X durante un período común suficientemente largo (20-30 años).
- P_A, P_B, P_C : Precipitaciones en las estaciones A, B y C durante el período que falta en X.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las estaciones pluviométricas se sitúan dentro de los límites de la cuenca del Río Castán, el cual se ubica al sur-este del estado Trujillo. Desde una perspectiva más amplia, esta cuenca constituye una sub-cuenca del Río Jiménez, tributario del principal río del estado, El Motatán, que vierte sus aguas a la hoya hidrográfica del Lago de Maracaibo.

Tabla 1: Ubicación geográfica de las estaciones.

Estación	Serial	Coordenadas UTM [Longitud Este y Latitud Norte]	Altitud [m.s.n.m.]
La Cristalina	2167	351.700,85 y 1.030.924,57	2070
Trujillo-liceo	2156	342.818,00 y 1.037.112,50	790
Ortiz	7155	345.483,78 y 1.025.204,27	2200
San Lázaro	2115	333.830,02 y 1.026.327,39	931
Santiago de Trujillo	2185	332.106,56 y 1.022.986,05	1175

Estado de registros y relleno provisional de datos anuales

La estación del páramo La Cristalina (2167) presentó 16 años con datos anuales faltantes. Mientras que las estaciones San Lázaro (2115) y Santiago de Trujillo (2185) presentaron el año 2000 con fallas de registro. Por su parte la estación Trujillo-Liceo (2156) presentó 8 años con datos de precipitaciones anuales vacíos. En cuanto a la estación Ortiz (7155), presentó 9 años sin datos de 21 años de registros totales, desde su fundación (1991), por lo que no aporta la información confiable por la gran cantidad de datos faltantes en relación a los años totales de registro, es por ello, que no se tuvo en cuenta para los análisis pluviométricos posteriores.

Todas las estaciones presentaron el año 2000 sin dato anual registrado, por los que no fue posible aplicar la Ecuación 1 en primera instancia. Debido que las estaciones San Lázaro (2115) y Santiago de Trujillo (2185) resultaron tener el mejor registro, en cuanto a cantidad de datos se refiere, se recurrió hacer la estimación por medio de un método gráfico, llevando sobre el eje de las ordenadas los valores acumulados de la estación en estudio y sobre el eje de las abscisas cada año para cada valor acumulado. Utilizando el programa Microsoft® Excel® 2010 se trazó una línea de tendencia de carácter lineal una vez proyectados la nube de puntos, consiguiendo de esta forma una ecuación para dicha línea, ecuación utilizada para calcular el valor de precipitación del año faltante.

Seguidamente se procedió a la estimación provisional de datos anuales para las estaciones pluviométricas Trujillo-Liceo (2156) y La Cristalina (2167), utilizando la Ecuación 1.

Curva de doble masa

Una vez completado el relleno provisional de datos anuales se realizó el análisis de consistencia a través de la curva de doble masa para cada estación.

Éstas se muestran en las Figuras 1, 2, 3 y 4 según sea el caso de las estaciones analizadas.

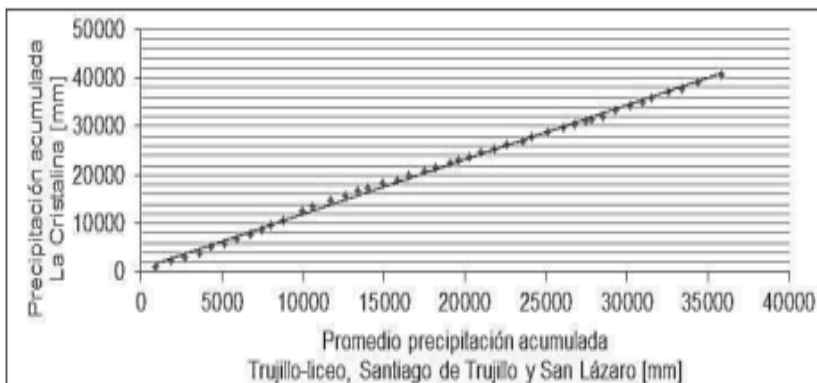


Figura 1: Curva doble masa. Estación dudosa: La Cristalina (2167).

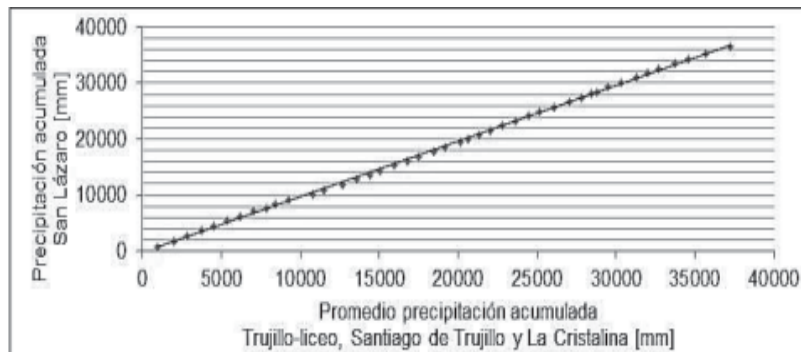


Figura 2: Curva doble masa. Estación dudosa: San Lázaro (2115).

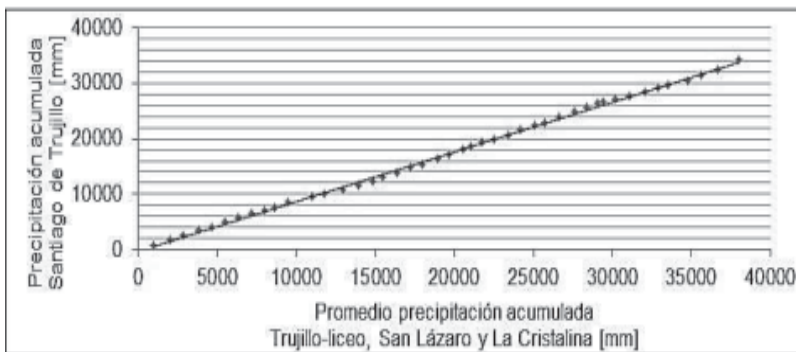


Figura 3: Curva doble masa. Estación dudosa: Santiago de Trujillo (2185).

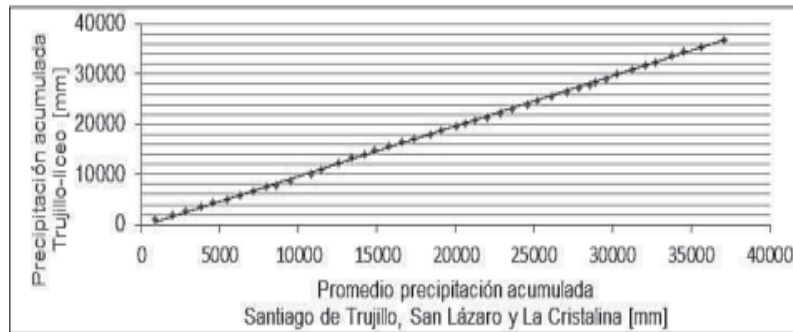


Figura 4: Curva doble masa. Estación dudosa: Trujillo-liceo (2156).

Se agregó una recta de tendencia lineal ya que en términos matemáticos, como lo explican Lobo y otros (2006), la relación entre ambas variables debería estructurarse en una sola recta, al no existir error. Se obtuvo con satisfacción que la línea de tendencia, para cada estación analizada, indicó una relación lineal entre las estaciones de referencia con la estación sometida a análisis (estación dudosa).

Estimación de datos faltantes a nivel mensual

Estaciones San Lázaro (2115) y Santiago de Trujillo (2185): presentaron el mes de diciembre del año 2000 sin registro. La estimación se realizó aplicando la Ecuación 2. Los resultados se muestran en la Tabla 2 (los valores estimados se muestran en letra cursiva-negrita).

Tabla 2: Estimación de datos faltantes a nivel mensual para el año 2000.

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
San Lázaro	103,4	150,5	82,0	91,1	22,7	30,8	21,9	25,7	131,1	115,7	106,9	<i>49,15</i>
Santiago De Trujillo	72,3	117,1	50,9	46,6	40,3	24,0	36,0	27,6	103,7	100,8	72,5	<i>33,39</i>

Estación Trujillo-liceo (2156): presentó datos faltantes mensuales en los años 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, para la cual se aplicó la Ecuación 3. Para ésta estimación se decidió utilizar como estaciones de referencia las estaciones San Lázaro (2115) y Santiago de Trujillo (2185), ya que presentan registros consistentes. La estación La Cristalina (2167) se descartó para esta estimación, ya que presenta mucha inconsistencia en sus datos, es decir, espacios vacíos en los meses que se necesitan para estimar los datos faltantes mensuales de la estación Trujillo-Liceo (2156). Esta última presentó datos mensuales faltantes en los años 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003. Los resultados se muestran en la Tabla 3 (los valores estimados se muestran en letra cursiva-negrita).

Tabla 3: Estimación de datos faltantes a nivel mensual. Estación Trujillo-liceo (2156).

Mes Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1997	0,0	<i>10,3</i>	<i>84,4</i>	<i>17,9</i>	92,7	<i>51,9</i>	22,2	11,6	90,3	47,3	22,5	0,7
1998	32,7	100,7	58,1	162,4	130,1	37,7	55,1	0,0	<i>12,1</i>	<i>16,0</i>	<i>15,9</i>	<i>6,7</i>
1999	<i>72,7</i>	<i>117,5</i>	<i>44,1</i>	<i>96,7</i>	<i>44,4</i>	<i>26,7</i>	<i>36,0</i>	<i>176,5</i>	<i>130,0</i>	<i>168,7</i>	<i>58,4</i>	<i>98,7</i>
2000	177,0	40,9	97,7	101,7	7,2	33,7	26,3	28,9	126,6	117,0	96,4	44,4
2001	<i>0,0</i>	<i>35,5</i>	<i>35,1</i>	<i>68,5</i>	<i>72,1</i>	20,2	32,7	9,2	107,5	21,0	22,2	<i>50,6</i>
2002	<i>2,6</i>	<i>3,8</i>	<i>36,5</i>	<i>52,2</i>	<i>73,3</i>	<i>37,1</i>	<i>11,5</i>	<i>45,3</i>	<i>19,5</i>	<i>77,0</i>	11,7	29,3
2003	20,5	0,9	138,4	<i>207,2</i>	<i>53,5</i>	<i>116</i>	<i>61,4</i>	<i>52,0</i>	<i>40,5</i>	<i>71,1</i>	<i>85,7</i>	<i>90,1</i>
2007	65,1	8,7	135,5	<i>11,8</i>	8,9	26,4	47,9	96,3	125,6	153,5	76,9	126,9

Estación La Cristalina (2167): presentó la mayor cantidad de datos faltantes. Su estimación se llevó a cabo usando la Ecuación 3, tomando como referencia las estaciones restantes. Los resultados se muestran en la Tabla 4 (los valores estimados se muestran en letra cursiva-negrita).

Precipitación media

Debido que la lluvia se mide en estaciones que representan valores puntuales, se recurrió a un procedimiento que permitió transformar la lluvia puntual en información que sea representativa para toda el área. El procedimiento que permite transformar las láminas de precipitación registrada de estaciones influyentes sobre un área determinada, en una lámina promedio repartida uniformemente sobre ella se denomina método de las isoyetas (Trezza, 1997).

Tabla 4: Estimación de datos faltantes a nivel mensual. Estación La Cristalina(2167).

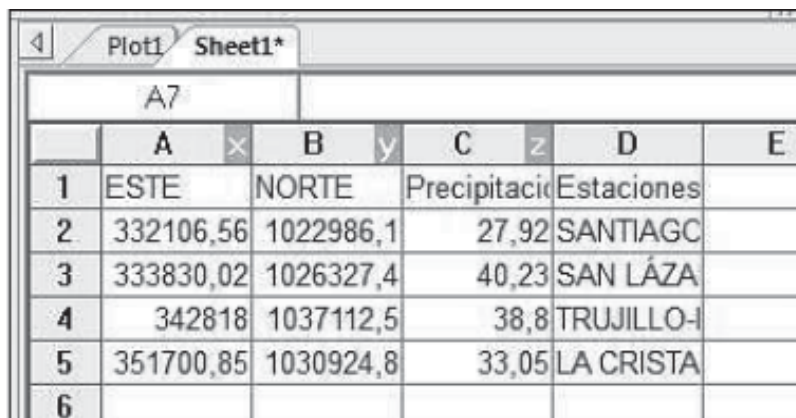
Mes Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1984	52,6	26,6	<i>59,7</i>	<i>114,1</i>	<i>62,5</i>	<i>39,4</i>	<i>31,6</i>	<i>41,2</i>	<i>172,7</i>	<i>124,8</i>	<i>49,2</i>	<i>23,8</i>
1985	28,2	<i>27,2</i>	<i>157,3</i>	<i>121,4</i>	<i>135,7</i>	<i>37,4</i>	<i>49,8</i>	<i>125,6</i>	<i>136,1</i>	<i>173,3</i>	<i>90,6</i>	<i>62,8</i>
1986	<i>40,2</i>	<i>65,0</i>	<i>77,0</i>	<i>180,2</i>	<i>209,0</i>	<i>68,0</i>	<i>21,0</i>	<i>32,2</i>	<i>175,9</i>	<i>146,7</i>	<i>61,3</i>	<i>15,2</i>
1987	<i>20,0</i>	<i>46,3</i>	<i>104,5</i>	<i>25,0</i>	<i>189,1</i>	<i>47,9</i>	<i>35,8</i>	<i>41,6</i>	<i>119,8</i>	<i>194,8</i>	<i>71,7</i>	<i>20,5</i>
1988	<i>26,4</i>	<i>21,9</i>	<i>116,3</i>	<i>91,2</i>	<i>71,0</i>	<i>102,9</i>	<i>55,5</i>	<i>197,4</i>	<i>144,2</i>	<i>237,8</i>	<i>125,4</i>	<i>27,9</i>
1989	<i>21,5</i>	<i>23,4</i>	<i>218,6</i>	<i>21,8</i>	<i>68,0</i>	<i>35,8</i>	<i>30,1</i>	<i>73,4</i>	<i>150,6</i>	<i>63,1</i>	<i>122,1</i>	<i>61,8</i>
1990	<i>13,2</i>	<i>126,4</i>	<i>41,2</i>	<i>204,3</i>	<i>73,4</i>	<i>38,5</i>	<i>69,1</i>	<i>110,0</i>	<i>62,6</i>	<i>297,1</i>	<i>64,2</i>	<i>84,1</i>
1991	<i>24,4</i>	<i>31,1</i>	67,0	86,0	27,2	79,9	88,2	52,5	48,3	39,9	92,6	17,3
1994	12,5	37,9	167,5	107,2	38,0	56,7	82,1	35,1	118,6	229,6	<i>150,6</i>	9,9
1998	0,3	<i>101,5</i>	18,6	233,9	101,7	124,6	57,9	27,3	<i>100,0</i>	<i>79,0</i>	<i>83,6</i>	<i>76,1</i>
1999	<i>86,8</i>	<i>140,2</i>	<i>52,6</i>	<i>115,4</i>	<i>53,0</i>	<i>31,9</i>	<i>43,0</i>	<i>210,6</i>	<i>155,2</i>	<i>201,3</i>	<i>69,7</i>	<i>117,8</i>
2000	<i>146,0</i>	<i>130,5</i>	<i>95,7</i>	<i>99,1</i>	<i>30,3</i>	<i>36,9</i>	<i>35,7</i>	<i>34,5</i>	108,3	29,6	206,6	29,1
2001	0,1	14,9	9,2	129,3	58,2	69,6	86,1	33,7	128,6	<i>133,4</i>	<i>26,5</i>	<i>60,4</i>
2002	<i>3,1</i>	<i>4,5</i>	<i>43,5</i>	<i>62,3</i>	86,9	92,0	33,6	40,6	30,7	56,4	23,2	15,6
2003	0,0	6,5	<i>82,7</i>	<i>247,2</i>	<i>63,9</i>	<i>138,5</i>	<i>73,3</i>	<i>62,1</i>	<i>48,3</i>	<i>84,9</i>	146,3	56,6
2006	44,9	46,8	<i>141,7</i>	93,6	<i>97,1</i>	43,8	60,4	111,2	30,7	121,1	53,4	34,3

El trazado de las isoyetas se realizó a través del software Surfer® versión 9.1.325, siendo éste un programa esencialmente de interpolación, el cual genera superficies de contorno 2D y mapas 3D a partir de una serie de puntos. Cabe agregar que las posibilidades del programa son mucho más amplias.

A partir de los datos de precipitación y coordenadas geográficas (UTM) de cada estación se trazó el mapa de isoyetas a nivel mensual. A manera de ejemplo sólo se muestra el procedimiento para el mes de enero, el mismo proceso se realizó con los meses restantes.

Introducción de datos al software Surfer®.

Al dar inicio al programa se muestra una hoja de dibujo (Plot1), una vez allí, se creó una hoja de datos realizando en la barra de herramientas que aparece en la interfaz lo siguiente: File → New → Worksheet. En esta hoja de cálculo (Sheet1*), como formato X, Y, Z, se introdujeron los datos de entrada de precipitación y coordenadas geográficas como se muestra en la Figura 5. Se guardó ésta hoja de cálculo con el nombre de "Enero.dat": File → Save as.



	A	B	C	D	E
1	ESTE	NORTE	Precipitación	Estaciones	
2	332106,56	1022986,1	27,92	SANTIAGO	
3	333830,02	1026327,4	40,23	SAN LÁZAR	
4	342818	1037112,5	38,8	TRUJILLO	
5	351700,85	1030924,8	33,05	LA CRISTA	
6					

Figura 5: Datos de entrada en hoja de cálculo (Worksheet)

Haciendo un despliegue en la pestaña Plot1, se usó el módulo Grid Data, para cargar el documento guardado anteriormente, aquí el programa interpola entre los puntos conocidos, elaborando una cuadrícula completa de datos. En la Figura 6 muestra la ventana preliminar a la interpolación, tomando el algoritmo "Kriging" para todos los casos. Los límites de interpolación Máximos y Mínimos tanto para la coordenada X como para la coordenada Y fueron ajustados, amplificando los máximos y reduciendo los mínimos, con el fin de obtener una visual del área del mapa de isoyetas mayor al área de estudio considerada.

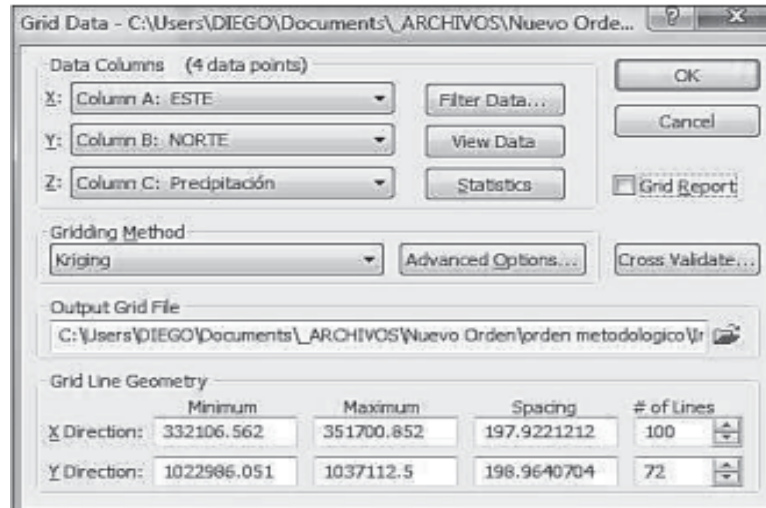


Figura 6: Ventana preliminar a la interpolación

Seleccionado el comando “OK” se creó el archivo “Enero.grd”. Seguidamente se seleccionó en la barra de herramientas el módulo Mapà New àContourMap, para cargar la matriz generada anteriormente por el software contenida en el archivo “Enero.grd”. El resultado de esta se muestra en la Figura 7.

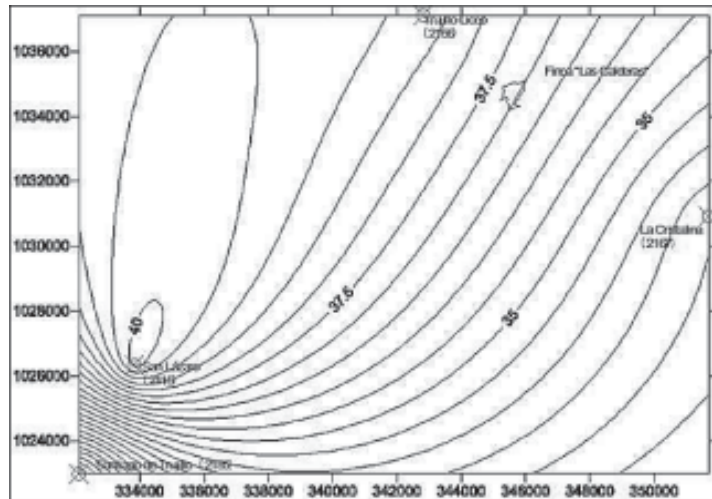


Figura 7: Mapa de isoyetas representando precipitación promedio histórica para el mes de enero

Se realizó el mismo procedimiento para hallar la precipitación del resto de los meses para la finca “Las Calderas”.

CONCLUSIONES

Al realizar el análisis de consistencia, y de estimación de datos faltantes anuales y mensuales para las estaciones estudiadas, se notó que la precisión de los métodos estadísticos varía de acuerdo a la consistencia de registros de las estaciones pluviométricas; siendo mayor la precisión al tener mayor cantidad de información base.

Luego de graficar la curva de doble masa para cada estación pluviométrica estudiada, todas reflejaron ser consistentes, por lo que se deduce que existe confiabilidad en sus datos.

El método de las Isoyetas para determinar la precipitación media en la zona en estudio, a través del software Surfer® versión 9.1.325, resultó ser una herramienta fácil de aplicar.

La precipitación media mensual en la finca “Las Calderas” presenta dos picos de lluvia (régimen de lluvias bimodal), teniendo uno en Abril con 122,9 mm aproximadamente, y otro en Octubre con 114,65 mm aproximadamente, siendo los meses de Enero y Diciembre los más secos con aproximadamente 37,1 mm y 46,52 mm respectivamente.

REFERENCIAS

- Barreto, D. (2012). *Estimación de oferta y demanda hídrica con fines de riego en la finca “Las Calderas”, parroquia Monseñor Carrillo, municipio Trujillo del estado Trujillo*. Trabajo de Pregrado con Mención Publicación. Universidad de Los Andes Núcleo Universitario Rafael Rangel, Trujillo.
- Chereque, W. (1989). *Hidrología para estudiantes de ingeniería civil* [Libro en línea]. Lima, Perú: CONCYTEC. Recuperado de <http://civilgeeks.com/2011/02/09/hidrologia-para-estudiantes-de-ingenieria-civil/>
- Compañía Anónima Hidrológica de Venezuela (2012). [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.hidroven.gov.ve>
- Duque, R. (1993). *Precipitación: formación, medición y análisis de datos*. Mérida, Venezuela: CIDIAT.
- Lobo, D.; Gabriels, D.; Ovalles, F.; Santibañez, F.; Moyano, M.; Aguilera, R.; Pizarro, R.; Sanguesa, C. & Urra, N. (2006). *Guía metodológica para la elaboración del mapa de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas de América Latina y El Caribe* [Libro en línea]. UNESCO – Montevideo, Venezuela. Recuperado de http://www.cazalac.org/documentos/Guia_Mapas_ZA_ALC.pdf

Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (2011). Actualización del plan de ordenamiento y reglamento de uso de la zona protectora de la subcuenca del río Castán, Trujillo.

Trezza, R. (1997). *Fundamentos de hidrología agrícola*. Trabajo de ascenso. Universidad de Los Andes Núcleo Universitario "Rafael Rangel", Trujillo.