Capítulo III - Métodos

Fredi Portilla Farfán

SciELO Books / SciELO Livros / SciELO Libros

PORTILLA FARFÁN, F. Métodos. In: *Agroclimatología del Ecuador* [online]. Quito: Editorial Abya-Yala, 2018, pp. 47-60. ISBN: 978-9978-10-492-7. <https://doi.org/10.7476/9789978104927.0003>.

All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International license](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença [Creative Commons Atribuição 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia [Creative Commons Reconocimiento 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

CAPÍTULO III

Métodos

En el desarrollo del presente trabajo se utilizaron los siguientes métodos:

Métodos climáticos generales

Los ficheros de datos suministrados por el INAMHI (ver Figura 3.1.), aunque incluían la terminación “doc” eran solo de texto, por lo que se cambió la extensión a “txt”.

Figura 3.1
Ejemplo de fichero de datos INAMHI, 2009

0006 LATITUD:		U		13		46 S		LONGITUD:		78		22		U W ELEV			
-----														VALORES ANUA			
MENSUALES																	
FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC							
82	74	78	76	70	67	66	70	78	82	81							
85	85	85	82	78	70	73	72	80	79	78							
75	78	78	81	68	69	63	75	82		84							
77	83	86	85	77	69	66	66	75	76	80							
81	80	83	79	76	70	66	73	79	74	76							
70	72	75	75	61	66	68	71	71	70	76							
78	80	82	77	72	60	67	66	76	75	74							
71	73	76	75	72	74	71	77	80	73	72							
80	71	82	80	76	67	66	71	75	78	74							
77	76	76	75	77	68	67	70	78	77	73							
80	75	79	75	68	68	63	70	79	75	75							
75	81	79	79	76	69	58	66	67	79	77							
72	74	76	75	66	59	63	70	70	71	72							
77	76	81	79	66	66	62	73	72	75	78							
78	79	83	81	69	63	62	67	72	78	75							
69	74	76	77	74	71	72	68	77	80	76							
79	80	79	78	72	63	64	65	75	67	70							
73	74	78	73	73	58	60	67	71	75	67							
76	77	81	73	68	66	62	63	66	72	68							
75	72	73	72	71	57	68	78	78	80	84							
83	83	84	84	81	75	73	80	75	76	78							
76	81	77	78	71	73	68	77	77	82	82							
80	83	83	77	74	76	71	74	83	83	83							
78	78	79	77	76	67	66	73	80	79	79							
77	75	80	79	66	75	64	73	78	79	78							
80	83	80	75	74	67	69	70	78	75	80							
80	80	80	76	73	64	66	72	74	81	78							
1999	2097	2149	2093	1945	1817	1784	1917	2046	1991	2068							

Elaboración: Autor, 2009

Figura 3.2
Ejemplo de libro Excel creado para almacenar datos

Nombre	Latitud	Longitud	Altitud			
LA TOLA	-0.22944444	-78.3666667	2480			
IZOBAMBA	-0.36666667	-78.55	3058			
RUMIPAMBA	-1.01805556	-78.5922222	2628			
PORTOVIEJO	-1.04055556	-80.465	60			
PICHILINGUE	-1.1	-79.4616667	120			
NUEVO ROC	-0.91666667	-75.4166667	205			
PUYO	-1.5075	-77.9438889	960			
PUERTO ILA	-0.47611111	-79.3388889	260			
CAÑAR	-2.55138889	-78.9375	3083			
LA ARGELIA	-4.03638889	-79.2011111	2160			
MILAGRO (IN)	-2.11555556	-79.5991667	13			
ARENALES (C)	-2.57694444	-78.55	2200			
TENA	-0.98472222	-77.8138889	665			
SAN GABRIEL	0.60416667	-77.8194444	2860			
OTAVALO	0.23777778	-78.2597222	2556			
PATATE	-1.30027778	-78.5	2360			
CALUMA	-1.62	-79.2930556	350			
CHILLANES	-1.97555556	-79.0633333	2330			
SAN PABLO	-1.81527778	-79.0652778	2750			
GUAMOTE	-1.93333333	-78.7166667	3020			
PACHAMAMA	-2.195	-78.7816667	3690			
CHUNCHI	-2.27527778	-78.9236111	2245			
PAUTE	-2.7775	-78.7588889	2289			
GUALACEO	-2.88194444	-78.7763889	2360			
CELICA	-4.10472222	-79.9513889	1984			
AMALUZA (IN)	-4.58472222	-79.4305556	1672			
MUISNE	0.615	-80.0244444	6			
EL CARMEN	-0.28083333	-79.455	250			
CHONE	-0.705	-80.1086111	20			
OLMEDO (MA)	-1.39555556	-80.2108333	50			

Elaboración: Autor, 2009

Se programó en VBA para cargar los ficheros de datos de manera automática y se estableció el archivo librería.xls como hoja de cálculo de almacenamiento de la programación. Se cargaron datos de 41 estaciones meteorológicas con las siguientes variables y sus respectivas abreviaciones:

- Temperatura mínima: tmin
- Temperatura media: tmed
- Temperatura máxima: tmax
- Temperatura media de mínimas: tmmin

- Temperatura media de máximas: tmmax
- Precipitación: RR
- Precipitación máxima en 24 horas: rrmax
- Humedad relativa: HR
- Viento: VV

Se generó un libro Excel (ver Figura 3.2.) con la información de cada variable y hojas que correspondían a cada estación, así las listas de las estaciones procesadas: Lista TM (temperatura), Lista RR (precipitación), Lista VV (viento), Lista HR (humedad relativa) y Lista ETP (evapotranspiración). Se programó una función VBA para cargar los valores de mes y año de cada una de las estaciones (ver Figura 3.3.). Este libro sirvió de base para la construcción de posteriores libros Excel para procesar datos, recoger y representar resultados.

Figura 3.3
Ejemplo de libro Excel cargado de valores

Año	Mes	Valor	Año	Mes	Valor
1992	1		1993	4	80
1992	2	86	1993	5	79
1992	3	88	1993	6	76
1992	4	86	1993	7	75
1992	5	84	1993	8	72
1992	6	79	1993	9	71
1992	7	76	1993	10	71
1992	8	77	1993	11	71
1992	9	75	1993	12	70
1992	10	73	1994	1	80
1992	11	72	1994	2	82
1992	12	66	1994	3	77
1993	1	75	1994	4	81
1993	2	85	1994	5	77
1993	3	81	1994	6	74

Elaboración: Autor, 2009

Los libros Excel abiertos son:

- Datos ClimaE listas.xls
- Datos ClimaE tmed.xls
- Datos ClimaE tmin.xls
- Datos ClimaE tmax.xls
- Datos ClimaE Tmedia maximas.xls
- Datos ClimaE Tmedia minimas.xls
- Datos ClimaE lluvia.xls
- Datos ClimaE lluvia max.xls
- Datos ClimaE HR.xls
- Datos ClimaE viento.xls
- Datos ClimaE vientoD.xls

Se programó una serie de funciones para obtener medias, mínimas y máximas mensuales. Finalmente los resúmenes se ubicaron en hojas modelos sobre formatos estándar de climatología como se puede ver en el ejemplo de la Figura 3.4. de la estación MA2V (Guayaquil-radio Sonda) correspondiente a la variable temperatura.

Figura 3.4

Ejemplo de hoja modelo formato estándar para ubicar resumen de variables

Elaboración: Autor, 2009

Las diferentes hojas contienen tablas y gráficos que corresponden a cada estación y tipos de variables estudiadas. En el caso de las variables de temperatura van en una sola hoja. Todos los resúmenes de resultados se pueden consultar en el listado de Anexos Agroclimatología (1-15) ubicados al final del presente documento.

Método de relleno de datos

Analizados los resúmenes de resultados de cada una de las variables estudiadas, se encontró la dificultad de que la mayoría de estaciones tenían ausencia de datos ya sea en varios años completos o en algunos meses, por lo que fue menester programar para el relleno de datos correspondiente. Se usó una rutina que tomaba los datos de los libros base originales y generaba nuevos libros Excel con los datos rellenos. El proceso buscaba las estaciones más cercanas a la estación objetivo, calculaba los coeficientes de correlación de los datos de la estación objetivo con los de todas las demás y calculaba los datos faltantes por regresión lineal empezando por la estación de mayor coeficiente de correlación con información significativa. Los coeficientes de correlación eran considerados si se cumplían las siguientes condiciones:

- Los datos comunes eran más de cinco.
- El resultado de la correlación aporta más información que el uso de la media, evaluado por la expresión $R^2 > 1/n-2$.
- Había datos faltantes en la estación objetivo que tenían datos en la estación considerada.

Por cada estación rellenada el programa generaba un archivo de texto informativo (ver Figura 3.5.) que reportaba el número de datos faltantes, las correlaciones de los datos con la de otras estaciones seleccionadas y el relleno correspondiente. Primero se probó rellenar o interpolar con datos de cinco estaciones cercanas, no siendo suficiente por cuanto arrojaban todavía datos faltantes; fue entonces necesario hacer con diez estaciones a la redonda, logrando así que todas las estaciones estén completamente llenas.

Figura 3.5

Ejemplo de archivo informativo generado a partir del relleno de datos

```

con M003, R=,802, a=8,835, b=,829, n= 299, Rel= 1
con MA2T, R=,414, a=55,624, b=,252, n= 200, Rel= 0
con M105, R=,716, a=12,321, b=,791, n= 312, Rel= 3
con M004, R=,188, a=51,130, b=,308, n= 297, Rel= 1
con M070, R=,199, a=42,617, b=,369, n= 146, Rel= 2

Rellena M002
en base a M003
; r= ,802; a= 8,8354; b= 0,8291

Rellena M002
en base a M105
; r= ,716; a= 12,3215; b= 0,7913

*** RELLENADA TOTALMENTE ***

Rellenando M003
faltan 24 datos
con M002, R=,802, a=21,311, b=,776, n= 300, Rel= 24
con MA2T, R=,725, a=47,490, b=,419, n= 200, Rel= 0
con M004, R=,259, a=48,288, b=,408, n= 298, Rel= 0
con M105, R=,720, a=17,451, b=,782, n= 291, Rel= 24
con M026, R=,151, a=53,052, b=,289, n= 294, Rel= 15

Rellena M003
en base a M002
; r= ,802; a= 21,3113; b= 0,7758

*** RELLENADA TOTALMENTE ***

Rellenando M004
faltan 26 datos
con M126, R=,006, a=74,970, b=,005, n= 171, Rel= 1
con M258, R=,637, a=22,007, b=,705, n= 253, Rel= 1
con M003, R=,259, a=62,114, b=,165, n= 298, Rel= 26
con M070, R=,199, a=42,617, b=,369, n= 146, Rel= 2

```

Elaboración: Autor, 2009

Figura 3.6

Ejemplo de hoja estándar con resumen de resultados de temperatura luego del relleno de datos

Elaboración: Autor, 2009

Realizado el relleno de datos, nuevamente se procedió a construir los resúmenes de resultados, repitiendo los pasos ya señalados anteriormente. La Figura 3.6. corresponde a la estación MA2V (Guayaquil-Radio Sonda), del resumen de temperatura con datos rellenados.

Método cartográfico

Obtenidos los resúmenes y resultados de cada una de las variables en estudio, se procedió a programar para la generación de los mapas correspondientes. En primer lugar se generó código para recopilar automáticamente la información relativa a cada estación para los distintos parámetros que darían lugar a mapas en ficheros utilizables por el GIS de referencia, Idrisi. Después se utilizó una función Interpolación específica, y se trabajó por separado entre las estaciones de Ecuador continental que para efectos de nombrar archivos se utiliza el prefijo (e) y del Ecuador insular o Islas Galápagos con el prefijo (g). La interpolación para e fue de 20 estaciones a la redonda y para g de todas existentes que son 3.

Los parámetros de la interpolación fueron la altitud, la latitud, la longitud, las distancias, medias, mínimas y máximas de X i Y. Utilizando el programa Idrisi, se diseñaron los mapas bases: EcuMas que es la máscara, EcuAlt mapa de altitud, Ecupro mapa de las provincias, Eculim mapa de los límites, eetphar mapa de la ubicación de las estaciones. Para el mapa de altitud se utilizó el “Clark Labs volumen tres. 1 km Global Elevation Model”. Se digitalizó con Cartalink a partir de los mapas (ver figuras 3.7, 3.8, 3.9 y 3.10).

Para interpolar el programa parte de una máscara con los límites del Ecuador, una para el continente (ver Figura 3.7.) y otra para la región insular o Islas Galápagos (ver Figura 3.8.), con el objetivo de perder tiempo en cálculos de fuera del permitido objeto de este trabajo. Estas máscaras fueron digitalizadas para esta función junto con los de las altitudes (Figura 3.9. para el Ecuador continental y Figura 3.10 para las Galápagos) y límites de las provincias (Figura 3.11. para zona continental y Figura 3.12. para las islas) con Cartalinx.

Los mapas digitales de la zona continental comprendían la zona de latitud $278^{\circ}48'$ sur a 285° norte (se usaron latitudes a partir del polo sur para evitar valores negativos) y de longitud 85° oeste a $95^{\circ}30'$ oeste. El mapa se dividió en una rejilla de 780 filas y 744 columnas para generar las celdas o pixels del mapa. Los mapas de la zona insular comprendían la zona de latitud $267^{\circ}30'$ sur a 271° sur y de longitud $88^{\circ}30'$ oeste a 92° oeste.

Si existía datos en alguno de los pixeles del mapa se tomaba la media de los valores existentes y no se procedía a la interpolación. Si no existía datos de un pixel se procedía a interpolar su valor. Para ello se buscaban las 20 estaciones más cercanas (en Galápagos las tres existentes) en distancia sobre eje xy (proyección horizontal). Previamente se hicieron pruebas con cinco, diez y quince estaciones, pero la interpolación generaba un reporte de falta de datos y los mapas mostraban distorsión en la distribución de los colores. Esto se debe a que hay zonas como la región amazónica que tienen pocas estaciones y muy distantes entre ellas.

Una vez encontradas las estaciones cercanas se procedía a la interpolación de sus valores considerando como factor ponderado la inversa de la distancia al cuadrado. Aquí como distancia y para tener en cuenta el factor altitud, se consideraba la distancia en el espacio x-y-z en proporción de 1 km en el plano xy equivalente a 100 m en altitud, justificado en trabajos previos realizados por el Director de este trabajo.

El mapa de altitud utilizado fue extraído de la publicación digital Clark Labs volumen 3. 1km Global Elevation Model. Los mapas correspondientes a Galápagos tenían un problema al no contar con estaciones representativas de las zonas altas, por lo que se procedió a establecer la altitud como covariable en el proceso de interpolación; lo que supone que los valores a interpolar en cada punto se trasladaban a cero metros de altitud, se interpolan según lo visto anteriormente y se restituyen a la altitud del pixel. Para estas traslaciones y restituciones se utilizaba la correlación de la variable con la altitud para todos los puntos disponibles con datos.

Figura 3.7
Mapa de máscara del Ecuador

Elaboración: Autor, 2009

Figura 3.8
Mapa de máscara de Galápagos

Elaboración: Autor, 2009

Figura 3.9
Mapa de altitud del Ecuador

Elaboración: Autor, 2009

Figura 3.10
Mapa de altitud de las Galápagos

Elaboración: Autor, 2009

Figura 3.11
Mapa provincias del Ecuador

Elaboración: Autor, 2009

Figura 3.12
Mapa de identificación de las Islas Galápagos

Elaboración: Autor, 2009

Figura 3.13
Mapa de ubicación de las estaciones en el Ecuador

Elaboración: Autor, 2009

Figura 3.14
Mapa de ubicación de estaciones en Galápagos

Elaboración: Autor, 2009

La generación de mapas reclasificados, en los cuales se pasa de valores reales a clases de rangos de esos valores, también se realizó con programas propios que automatizaba el proceso y en cierto modo mejoraban el disponible en Idrisi. Para hacer posible la reclasificación de forma automática se definieron las clases con los límites del valor mínimo, el valor máximo y los percentiles 10, 20, 30, 50, 70, 80, 90 y 100. Como se aprecia se ha seccionado la población de datos en bloques del 10% excepto en la zona central de datos donde no hace falta tanta diferenciación y se han establecido saltos del 20%. Se tienen por tanto, ocho clases sistemáticas en cada mapa más el fondo del mapa (valor 0) que genera un corte si hay valores positivos y negativos en el mismo mapa. Además se redondean los valores lo máximo posible a condición de que todos los valores de corte sean diferentes. El proceso realiza todos los cálculos y genera los mapas reclasificados, su fichero de documentación y leyenda, y la indicación de la paleta a usar. La paleta de colores básica utilizada va del rojo amarillo-verde-azul, o inversa según valoración subjetiva de la variable. Por ejemplo la precipitación va del rojo (menor precipitación) al azul (mayor) mientras las temperaturas van del azul (frío) a rojo (calor).

Finalmente la visualización se realizó con el programa Idrisi (ver Figura 3.15), desde donde se pasó una copia al programa de proceso de imágenes Photo Paint para guardar en JPG y pegarlos en esta memoria

Figura 3.15
Visualización de un mapa en Idrisi

Elaboración: Autor, 2009

Método de automatización

Todos los procesos realizados fueron automatizados con VBA para poder procesar la cantidad de información y los múltiples procedimientos que incluye este trabajo. Esto implica un control de Excel, sus libros, sus hojas de datos y el contenido de todas las celdas. Sin estas automatizaciones hubiera sido imposible avanzar en un tiempo razonable por lo que destacamos en este apartado.