

Costa Rica: mapas de precipitación media anual-
estacional, meses secos y temperatura media anual



Jorge Fallas
Carmen Valverde
GeoAmbiente
2009

Índice

Resumen	1
1. Introducción	2
2. Métodos.....	3
2.1. Datos utilizados	3
2.1.1. Precipitación media anual, estacional y meses secos.....	3
2.1.2. Temperatura media anual	4
2.2. Control de calidad	4
2.3. Métodos de interpolación.....	5
2.3.1. Precipitación media anual, estacional y meses secos.....	5
2.3.2. Temperatura media anual (°C).....	5
3. Resultados.....	6
3.1. Precipitación media anual.....	6
3.1.1. Control de calidad del set de datos	6
3.1.2. Distribución espacial de la lluvia	6
3.1.3. Mapa de precipitación media anual.....	12
A. Polígonos de Thiessen	12
B. Superficie de precipitación.....	13
3.1.4. Validación de la superficie de precipitación media anual.....	15
3.2. Precipitación media estacional	18
A. Polígonos de Thiessen	18
B. Superficie de precipitación.....	19
3.3. Meses secos	20
3.4. Temperatura media anual.....	21
4. Aplicaciones.....	25
4.1. Riqueza pluvial por distrito.....	25
4.2. Zonas de Vida, ámbitos de precipitación y temperatura y distribución de especies	26
5. Conclusiones	29
6. Referencias.....	30
7. Metadatos	35

Escuela de Ciencias Ambientales <http://www.ambientales.una.ac.cr/>;

Facultad de Ciencias Tierra y Mar <http://www.tierraymar.una.ac.cr/>

Universidad Nacional <http://www.una.ac.cr/>, Heredia, Costa Rica

Teléfono (506) 277 3290 • Fax (506) 277 32

Este material puede descargarse de <http://www.smetube.com/smetstorage//users/jfallas56>
jfallas56@gmail.com

Resumen

La precipitación así como la temperatura media anual y estacional son variables climáticas básicas para describir las condiciones de largo plazo de sitios de estudio, realizar estudios de distribución de especies vegetales y animales, estimar consumo y demanda de recursos hídricos y realizar predicciones de cambio climático. A pesar de esto, no se dispone en Costa Rica de mapas digitales gratuitos y accesibles vía Internet de dichas variables climáticas. Las aplicaciones actuales en campos tales como biología, ecología, hidrología y cambio climático requieren de datos digitales en formato raster compatibles con los diferentes programas de Sistemas de Información Geográfica. Por esta razón y para ofrecer una solución práctica a este vacío de datos, hemos decidido preparar superficies de temperatura media anual y precipitación media anual y estacional para Costa Rica a partir de los registros de lluvia y precipitación publicados por el Instituto Meteorológico Nacional hasta el año 1988 (IMN, 1988).

En el presente trabajo se utilizaron 539 datos de lluvia media anual y estacional así como 80 registros de temperatura media anual para crear superficies de precipitación y temperatura a nivel nacional. Los datos de precipitación y temperatura utilizados corresponden en su mayoría al periodo 1960-85 y por lo tanto los mapas reflejan las condiciones climáticas de dicho periodo.

Las superficies de precipitación fueron creadas utilizando polígonos de Thiessen y el interpolador Kriging del programa Surfer (Golden Software, 2002). Los mapas de temperatura fueron creados a partir de una regresión por vertiente (Pacífico y Caribe-Zona Norte) de temperatura en función de

elevación (msnm) y un modelo digital de elevación con una resolución equivalente a escala 1:50.000.

Si usted está interesado (a) en bases de datos climáticas globales con una resolución de 1Km² (100 Ha) le recomendamos descargar el set de datos conocido como "Bioclim" (Hijmans, et. al., 2005, <http://www.worldclim.org/>). Otra fuente de datos globales es la FAO (<http://www.hoefsloot.com/agrometshell.htm>) y el programa LocClim1.11 (<http://www.juergen-grieser.de/>). "Bioclim" incluye las siguientes variables: precipitación media anual y mensual; temperatura media, mínima y máxima mensual y 19 variables bioclimáticas derivadas a partir de dichos datos. Estas variables bioclimáticas se pueden utilizar con el programa gratuito DIVA-GIS (<http://www.diva-gis.org/>) para mapear y analizar la distribución geoespacial de especies y crear modelos predictivos sobre su probable distribución. Otra fuente de datos climáticos mensuales en línea es <http://www.fao.org/sd/locclim/srv/en/locclim.home>.

Descargo

Ni los autores ni la Universidad Nacional asumen ninguna responsabilidad por errores, omisiones o deficiencias en las bases de datos ó en el presente documento. Los datos que acompañan al presente estudio pueden utilizarse y distribuirse libremente a terceros; sin embargo los mismos no son oficiales y por lo tanto usted los utiliza bajo su propio riesgo y responsabilidad. Preguntas y aclaraciones sobre el material pueden dirigirse a: Jorge Fallas; jfallas56@gmail.com

1. Introducción

La temperatura así como la precipitación media anual y su distribución estacional son dos variables climáticas utilizadas con mucha frecuencia en estudios ecológicos (Buckley y Jetz, 2007; Colwell, et al., 2008; Deborah, et al., 2001; Del Grosso, 2008; Kluge, Kessler y Dunn, 2006; Gómez, y Gallopín, 1991; Holdridge, 1962; McCain, 2004; 2009), agrológicos (FAO, 2001; Grieser y Gommès, 2004; Grieser, Gommès y Bernardi, 2006; Guereña, et al., 2001; Hsiao, et al., 2009; Radulovich, 2000; Rojas, 1985), hidrológicos (Di Luzio, Srinivasan y Arnold, 2004.; Rodríguez, 1983; Schuol, et al., 2008; Taikan y Shinjiro, 2006; Goodrich, et al., 2006; Hernando, 1988; Herrera, 1988) y de cambio climático (Gordon, et al., 2005; Groves et al., 2008; Hijmans, 2005; Pounds, Fogden y Campbell, 1999; Ziska, et al., 1997). A pesar de esto, no se dispone en Costa Rica de mapas digitales gratuitos y accesibles vía Internet de dichas variables.

Las aplicaciones actuales en campos tales como biología, ecología, hidrología y cambio climático (Di Luzio, Srinivasan y Arnold, 2004; Hoff, Stacey y Droogers, 2007) requieren de datos digitales en formato raster y de un software de Sistemas de Información Geográfica (Topog-<http://www.per.clw.csiro.au/topog>; ILWIS3.6-Open-<http://52north.org>; GRASS-<http://grass.itc.it>; MapWindow/SWAT-<http://www.waterbase.org>; Soil and Water Assessment Tool-SWAT, 2000). Por esta razón y para ofrecer una solución práctica al vacío de datos, hemos decidido preparar superficies de temperatura (media anual) y precipitación (media anual y estacional) para Costa Rica a partir de registros de lluvia y temperatura publicados por el Instituto Meteorológico Nacional hasta el año 1988 (IMN, 1988). El presente documento describe los datos y métodos de interpolación utilizados para crear dichas superficies. El estudio incluye métodos de validación independientes; sin embargo el usuario(a) debe estar consciente que los mapas no son oficiales. La base de datos tiene una resolución de 200 metros para precipitación y 100 metros para temperatura.

A nivel mundial existen bases de datos climáticas con una resolución de 1Km² (1000*1000 m, conocida como "Bioclim") (Hijmans, et. al., 2005), si usted está interesado en las mismas puede descargarlas de <http://www.worldclim.org/>. Otra fuente de datos globales es la FAO (<http://user.uni-frankfurt.de/~grieser/downloads/ClimateInterpolation/FAOClim/FAOClim.zip>) y el programa LocClim1.11 (<http://www.juergen-grieser.de/>). Bioclim incluye las siguientes variables: precipitación media anual y mensual; temperatura media, mínima y máxima mensual y 19 variables bioclimáticas derivadas a partir de dichos datos. Estas variables bioclimáticas se pueden utilizar con el programa gratuito DIVA-GIS (<http://www.diva-gis.org/>) para mapear y analizar la distribución geoespacial de especies y crear modelos predictivos sobre su probable distribución.

Los datos que acompañan al presente documento pueden utilizarse y distribuirse libremente; sin embargo el usuario(a) debe estar consciente de que los mismos no son oficiales y por lo tanto los utiliza bajo su propio riesgo y responsabilidad.

2. Métodos

2.1. Datos utilizados

2.1.1. Precipitación media anual, estacional y meses secos

Las superficies de precipitación media anual, estacional (mayo-noviembre y diciembre-abril) y meses secos fueron elaboradas a partir del registro de precipitación de 415 estaciones meteorológicas ubicadas en Costa Rica (IMN, 1988), 10 estaciones ubicadas en la zona sur de Nicaragua (INETER, 2000) y 114 puntos digitados del mapa de isoyetas de precipitación media anual (mm) de Costa Rica (MAG-IMN, 1985, Fig. 1). El mes seco se definió como aquel mes con menos de 75 mm de lluvia.

El número de años de los registros por estación es muy variable e incluye desde 5 hasta más de 30. Aun cuando los autores somos conscientes de los posibles errores que dicha mezcla de datos pueda ocasionar en las superficies de precipitación, se consideró que es mejor utilizar una estimación imperfecta que dejar una localidad sin datos.

Los datos de lluvia utilizados representan las condiciones climáticas del periodo 1960-1985. La precipitación estacional se calculó como la sumatoria de la lluvia para los periodos diciembre-abril (estación seca) y mayo-noviembre (estación lluviosa). Esta definición corresponde al patrón de precipitación de la vertiente Pacífica de Costa Rica; ya que en el Caribe no existe una estacionalidad marcada.

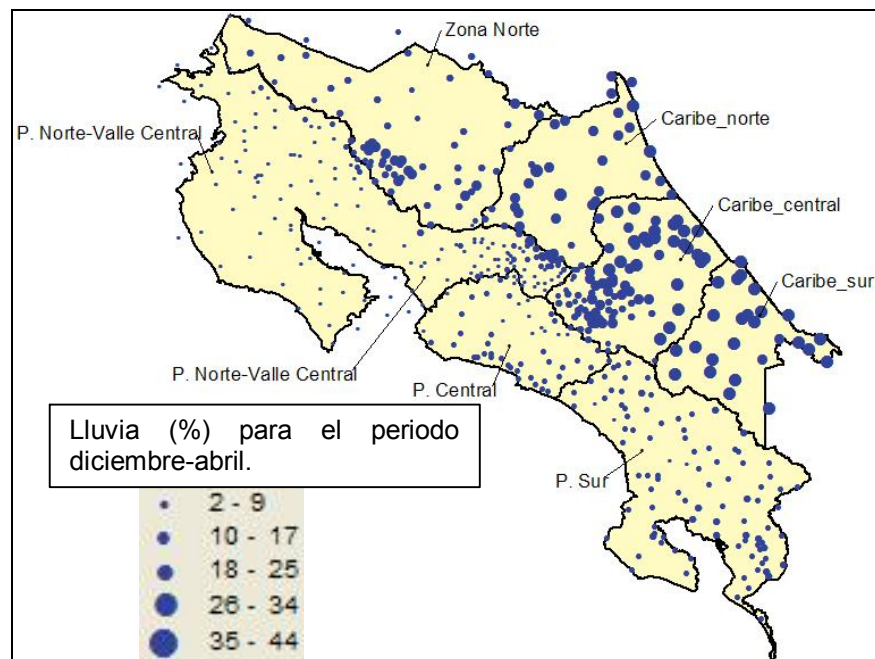


Figura 1: Ubicación de registros de lluvia utilizadas para crear la superficie de precipitación media anual y estacional. Fuente: Basado en datos publicados por el MAG-IMN (1985), IMN (1988) e INETER. El límite entre sub vertientes corresponde a divisorias de cuencas hidrográficas.

2.1.2. Temperatura media anual

La superficie de temperatura media anual se calculó utilizando la relación entre temperatura ambiente y elevación sobre el nivel medio del mar por vertiente (Pacífico y Caribe) para 80 estaciones (Fig.2). La temperatura media anual de cada estación se obtuvo del “Estudio Agroclimático de Costa Rica” de Rojas (1985), de datos publicados por el Instituto Meteorológico Nacional (<http://www.imn.ac.cr/IMN/>) y de NewLocClim (Gnesser y Gommès, 2004) para localidades no contempladas en el estudio de Rojas (1985). Los valores de elevación se obtuvieron de un modelo digital de elevación equivalente a una escala 1:50.000.

Las estaciones utilizadas tienen registros de temperatura de al menos 20 años y por lo tanto la serie utilizada representan las condiciones climáticas del periodo 1960-1985.

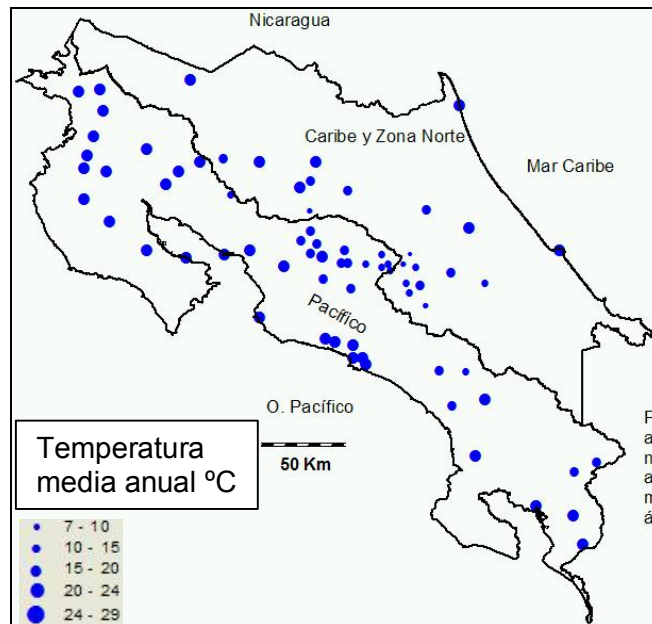


Figura 2: Ubicación de estaciones meteorológicas utilizadas para estimar la relación entre temperatura y elevación. Fuente: Basado en datos publicados por el IMN (2008), Rojas (1985) y NewLocClim (Gnesser y Gommès, 2004).

2.2. Control de calidad

El control de calidad de los datos consistió en verificar la ubicación y valor de precipitación/temperatura de cada estación con estimaciones más recientes publicadas por el IMN ó con la fuente original de datos (IMN, 1988; Rojas, 1985). En caso de encontrar estaciones con ubicaciones erróneas se reubicaron utilizando el nombre de la estación, su elevación y la ubicación de un poblado/localidad más cercana en un mapa 1:50.000 y con el mismo nombre-elevación de la estación. Valores de precipitación/temperatura muy disímiles en una misma vecindad climática ó elevación se compararon con el dato publicado por el IMN con el objeto de verificar si se trataba de un error de digitación, errores en el registro original ó si era el resultado de un registro muy corto. Cuando no fue posible corregir el error la estación no fue utilizada en el proceso de interpolación.

Para evaluar la eficiencia del interpolador utilizado para crear la superficie de precipitación media anual se eliminaron 50 puntos al azar del set de datos (aproximadamente 10%) y se ajustó nuevamente la superficie de precipitación anual. Posteriormente se comparó el valor de precipitación de la estación con el valor estimado según la superficie creada. También se calculó la diferencia entre las dos superficies y se expresó como un porcentaje con respecto a la superficie creada con la totalidad de los datos. Finalmente se calculó la discrepancia entre la superficie de precipitación media anual creada y los valores de precipitación (2002-2007) publicados por Ortiz (2008) para 83 estaciones meteorológicas.

2.3. Métodos de interpolación

2.3.1. Precipitación media anual, estacional y meses secos

Existe una multiplicidad de métodos de interpolación, los cuales incluyen desde regresiones de precipitación en elevación hasta métodos más sofisticados como polígonos de Thiessen, Kriging, inverso ponderado de la distancia, curvatura mínima y funciones base radiales (Cressie, 1993; Hartkamp, De Beurs y White, 1999; Thornton et al., 1997; Petras, 2001).

También existen aplicaciones particulares tales como PRISM (Daly et al.; 2002) que permiten incorporar el conocimiento experto (Ej. influencia de la cercanía a la costa, topografía, inversiones de temperatura) del área de estudio en el proceso de interpolación. La mayoría de los métodos de interpolación geoespacial han sido implementados en software de Sistemas de Información Geográfica tales como ArcView y ArcGIS (www.esri.com); ILWIS Open (<http://52north.org/>) e interpoladores como Surfer (<http://www.goldensoftware.com/>) y ANUSPLIN Version 4.3 (<http://fennergchool.anu.edu.au/publications/software/anusplin.php>).

En el presente trabajo las superficies de precipitación y meses secos fueron creadas utilizando la extensión “Areal Precipitation Calculation using Thiessen Polygons” (Petras, 2001) para ArcView GIS y el interpolador Kriging Universal del programa Surfer Version 8.09.2391 (Golden Software, 2002). El primer método es un interpolador determinístico en el sentido que asigna a cada estación un área de influencia basado en la distancia lineal entre las estaciones y la extensión del área a interpolar. El segundo método es un interpolador geoespacial que estima el valor de cada nodo utilizando la totalidad de puntos de muestreo. Consideramos que esta opción de interpolación representa mejor la influencia de las condiciones locales/regionales en la estimación puntual de la precipitación, situación particularmente crítica en ambientes montañosos y altamente variables como los encontrados en Costa Rica.

Una vez creadas las superficies se les aplicó un filtro bajo de 3*3 para remover pixeles con valores anómalos comparados con sus vecinos y se exportó en formato ASCII para ser utilizado con diversos programas informáticos de SIG. Para la lluvia media anual se crearon isoyetas cada 200 mm, para la estacional cada 100 mm y para los meses secos cada 0.5 mes seco.

2.3.2. Temperatura media anual (°C)

La temperatura media anual se calculó utilizando la relación temperatura ambiente-elevación sobre el nivel medio del mar por vertiente para 40 estaciones (Pacífico, Caribe). La temperatura media anual de cada estación se obtuvo del “Estudio Agroclimático de Costa Rica” de Rojas (1985), datos publicados por el Instituto Meteorológico Nacional (<http://www.imn.ac.cr/IMN/>) y NewLocClim (Gnesser y Gommès, 2004) para localidades no

contempladas en el estudio de Rojas (1985). Posteriormente se ajustó un análisis de regresión para determinar los parámetros de la relación temperatura media anual versus elevación para las vertientes Pacífico-Zona Norte y Caribe. La bondad de ajuste del modelo se evaluó mediante el cuadrado medio de error. Una vez calculadas las ecuaciones se utilizó un modelo digital de elevación con una resolución de 50 m para estimar la temperatura media anual a nivel nacional. Posteriormente el archivo fue remuestreado a una resolución de 100 *100 m.³

3. Resultados

3.1. Precipitación media anual

3.1.1. Control de calidad del set de datos

El proceso de verificación de la veracidad de los datos culminó con la remoción y ajuste de algunos registros en la base de datos. Los errores más comunes encontrados fueron desplazamientos en la ubicación de la estación, valores de precipitación total anual que no concordaban con la sumatoria de la precipitación mensual y estaciones cercanas en distancia y elevación con valores muy disímiles. En este último caso siempre se mantuvo la estación con el registro más largo. Algunas pocas estaciones con registros cortos se actualizaron con datos publicados por el IMN ó por otros estudios tales como tesis e informes de impacto ambiental. Una vez removidos/editados los registros de las estaciones disponibles, la base de datos quedó integrada por 529 valores de precipitación media anual (cuadro 1).

Cuadro 1: Estadísticos descriptivos del set de datos de precipitación media anual (mm).

Estadístico	Valor (mm)
Mínimo	1212
Percentil 25	2073
Mediana	2957
Media aritmética	3063
Percentil 75	3760
Máximo	7556
Desviación estándar	1152
Rango semiintercuantil	1687
Coef. Variación %	38
Coef. de asimetría	0.84

Fuente: Elaboración propia a partir de datos publicados por el MAG-IMN (1985), IMN (1988) e INETER.

3.1.2. Distribución espacial de la lluvia

La distribución geográfica de las estaciones no es homogénea en el territorio nacional (Cuadro 2). Existen regiones como Talamanca-Caribe, Caribe Norte y Sur y Pacífico Central con una menor densidad de estaciones; en tanto que otras zonas como la cuenca alta de los ríos Reventazón y Grande de Tárcoles muestran una alta densidad de estaciones. La subvertiente norte también muestra una alta concentración de estaciones en los alrededores del embalse Arenal.

El 75% de las estaciones contaba con registros de al menos 10 años y el 25% con registros de 23 años. La distribución altitudinal de los datos es muy asimétrica, con el 38.3% de las estaciones entre 0 y 100 m, el 37.1% entre 101 y 1100 m y el 22.3% entre 1001 y 2500 metros (Fig.3).

Cuadro 2: Estadísticos descriptivos de los datos de precipitación media anual (mm) por sub vertiente.

Sub vertiente	Media (mm)	Des. Estándar (mm)	No. puntos
Caribe Norte	4301	971	34
Caribe Central	3396	1373	88
Caribe Sur	3276	833	26
Zona Norte	3293	1004	65
Pac. Sur	3701	847	98
Pac. Central	3053	971	52
Pac. Norte y Valle Central	2136	595	166
General	3063	1153	529

Fuente: Elaboración propia a partir de datos publicados por el MAG-IMN (1985), IMN (1988) e INETER.

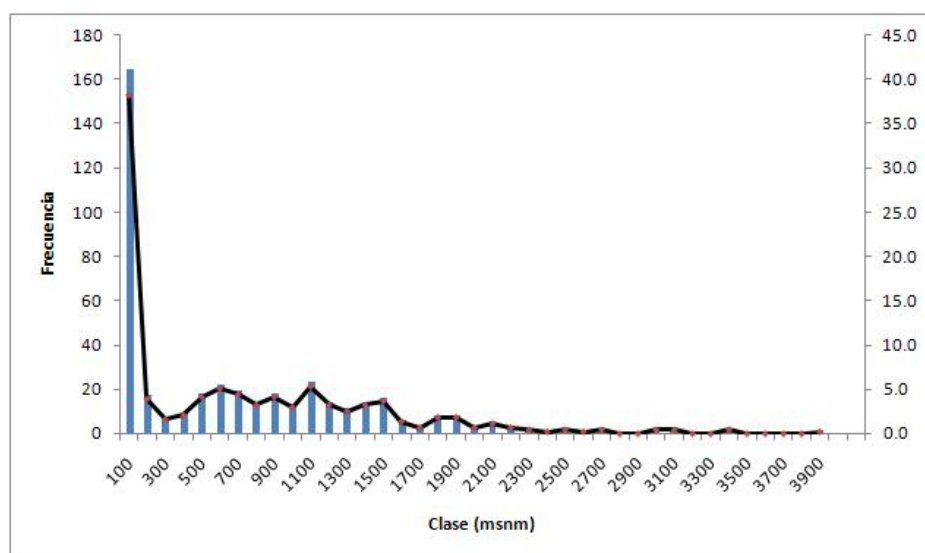


Figura 3: Distribución altitudinal (msnm) de los registros de lluvia. Fuente: Elaboración propia a partir de datos publicados por el MAG-IMN (1985), IMN (1988) e INETER

Aun cuando no se cuenta con una buena distribución altitudinal de estaciones meteorológicas en el país (ver fig. 3), los datos exhiben una relación entre precipitación media anual y elevación (Fig. 4 y cuadro 3). La relación es positiva en el Caribe Sur ($b: 0.832$), Zona Norte ($b: 0.553$), Pacífico Norte -Valle Central ($b: 0.593$) y negativa en el Caribe Norte ($b: -0.753$)-Central ($b: -0.101$), Pacífico Central ($b: -0.652$) y Pacífico Sur ($b: -0.280$). Sin embargo, dado la distribución no homogénea de los datos y la ausencia de estaciones a mayores elevaciones, dichas tendencias deben considerarse como preliminares.

El límite inferior de precipitación media anual se encuentra alrededor de los 1400-1500 mm (Ej. Cartago-Tierra Blanca en el Valle Central Oriental, Liberia, Bagaces y la península de Sta.

Elena en el Pacífico Norte) y parece ser independiente de la elevación. En tanto que los sitios con más de 4000 mm anuales se encuentran entre 1200 y 1800 m en el Pacífico Norte-Valle Central y Caribe Central-Sur y entre 200 y 700 m en la Zona Norte, Pacífico Central-Sur y Caribe Norte (Fig. 5). Los datos muestran el efecto de la sombra de lluvia las estribaciones occidentales de las cordilleras Volcánica de Guanacaste, Tilarán y Volcánica Central: así como la banda muy lluviosa característica de la Península de Osa, Valle de Diquís, Golfito y el Valle de Coto Colorado (Fig. 5).

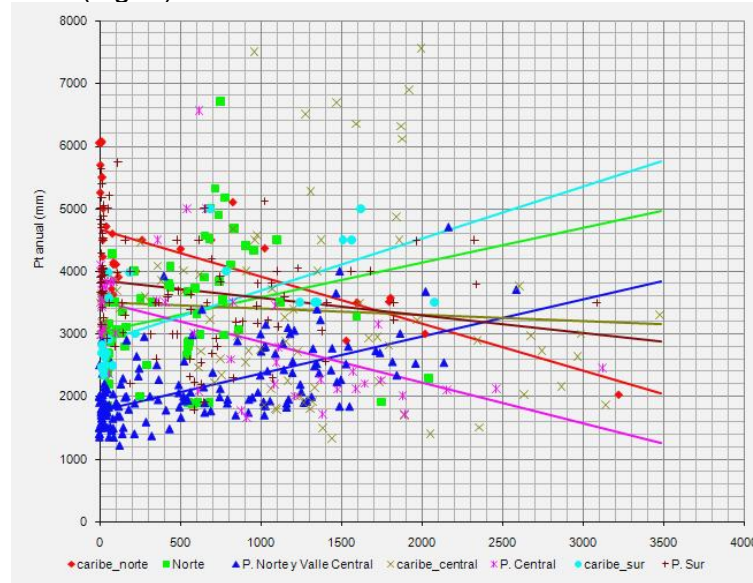


Figura 4: Relación precipitación media anual-elevación por sub vertiente. N: 529 registros.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos publicados por el MAG-IMN (1985), IMN (1988) e INETER

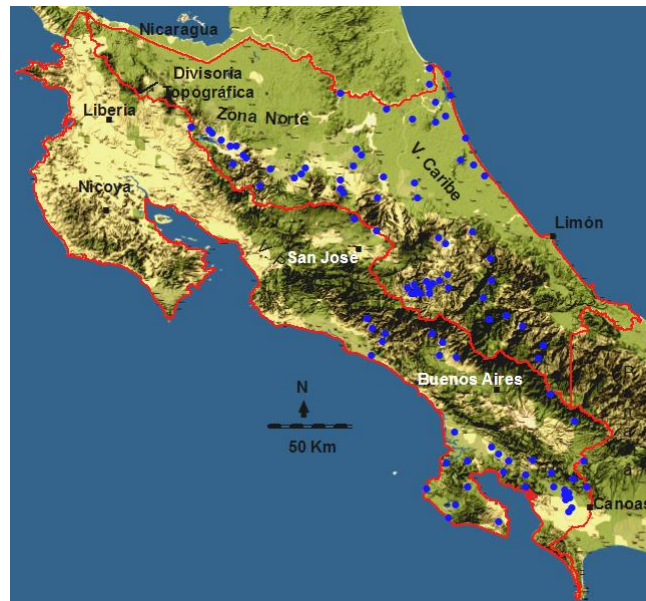


Figura 5: Ubicación de estaciones meteorológicas con una precipitación media anual igual o superior a 4000 mm. La línea central indica la divisoria topográfica entre la vertiente Caribe-Zona Norte y el Pacífico. Fuente: Basado en datos publicados por el MAG-IMN (1985), IMN (1988) e INETER.

Cuadro 3: Coeficiente de determinación, pendiente e intercepto para la relación elevación (msnm)-precipitación media anual por sub vertiente.

Sub Vertiente	Todos los datos	Caribe Norte	Caribe Central	Caribe Sur	Pac. Norte y Valle Central	Pac. Sur	Pac. Central	Zona Norte
Pendiente	0.0184	-0.7526	-0.101	0.83167	0.59342	-0.2796	-0.6516	0.55317
Intercepto	3051	4666	3513	2858	1779	3852	3528	3028
R ²	0.00013	0.374	0.0042	0.454	0.379	0.042	0.276	0.056

Fuente: Elaboración propia a partir de datos publicados por el MAG-IMN (1985), IMN (1988) e INETER.

Pacífico Norte y Valle Central

La muestra para el Pacífico Norte-Valle Central contiene 155 estaciones con elevaciones entre 6 y 2585 msnm; esto indica que no se cuenta con datos para los sitios de mayor elevación como las cimas de la Cordillera Volcánica Central. Los datos muestran una relación positiva significativa entre elevación y precipitación ($r^2=0.33$); sin embargo cuando la tendencia muestra una gran dispersión (Figs. 6A y 6B). Los sitios más lluviosos (+3000 mm) corresponden a localidades con más de 1000m en las estribaciones de las cordilleras de Tilarán y Volcánica Central.

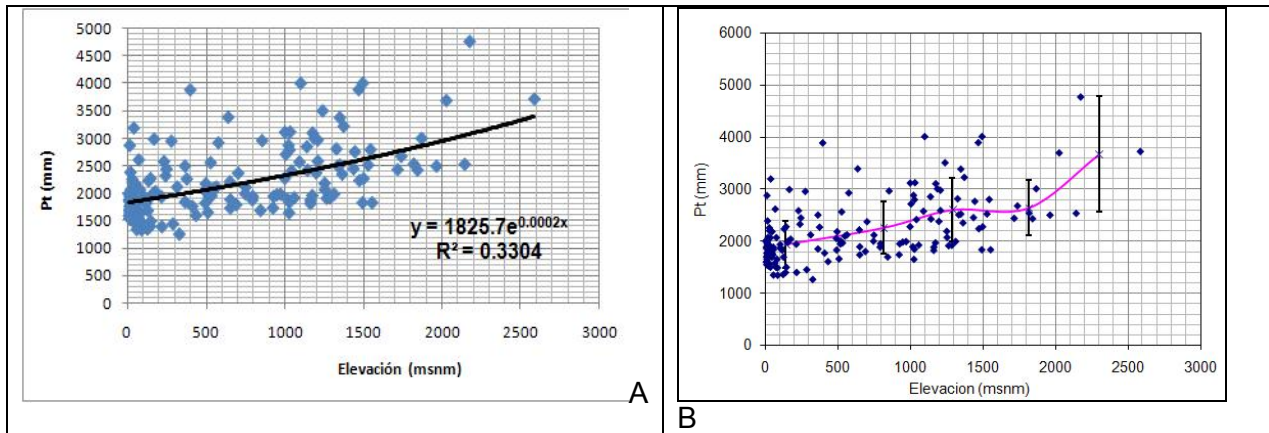


Figura 6: Relación precipitación media anual (mm)-elevación (msnm) para la sub vertiente Pacífico Norte-Valle Central. Las líneas verticales indican una desviación estándar. N:155. Fuente: Basado en datos publicados por el MAG-IMN (1985), IMN (1988) e INETER.

Pacífico Central

La muestra para el Pacífico Central contiene 52 estaciones con elevaciones entre 5 y 3118 msnm; lo cual es representativo del rango altitudinal de la subvertiente. La relación precipitación-elevación muestra una relación inversa entre dichas variables para elevaciones entre 0 y aproximadamente 2000 m; a partir de dicho valor la relación es positiva (Fig. 7). Es muy probable que los sitios más lluviosos (+4500 mm) se encuentren entre 500 y 700 metros en las cuencas de los ríos Savegre y Naranjo así como en la cuenca baja del río Savegre.

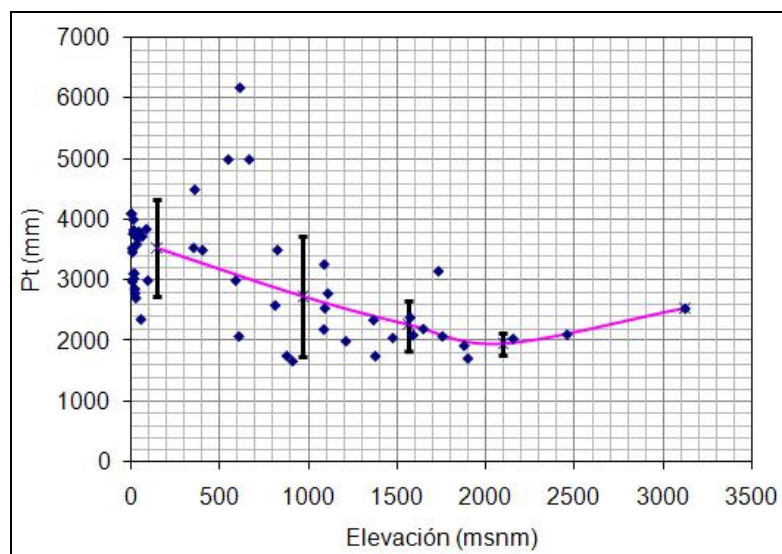


Figura 7: Relación precipitación media anual (mm) - elevación (msnm) para la sub vertiente Pacífico Central. Las líneas verticales indican una desviación estándar. N:52. Fuente: Basado en datos publicados por el MAG-IMN (1985), IMN (1988) e INETER.

Pacífico sur

La muestra para el Pacífico sur contiene 98 estaciones con elevaciones entre 5 y 3079 msnm; lo cual representa el gradiente de elevación encontrado en la sub vertiente. Las localidades más lluviosas (Pt media 4200 mm) se encuentran en la franja costera (0-100 msnm). Al iniciar el ascenso sobre la estribación noreste de la cordillera Costeña la precipitación tiende a descender, alcanzando un mínimo en la zona comprendida entre el extremo noroeste del Valle de Coto Brus y en el extremo sureste del Valle de El General (500-1000 msnm; 2200 mm y 4 meses secos), para luego incrementar hasta los 2300 msnm; a partir de este punto tiende a descender nuevamente hasta los 3 100 msnm.

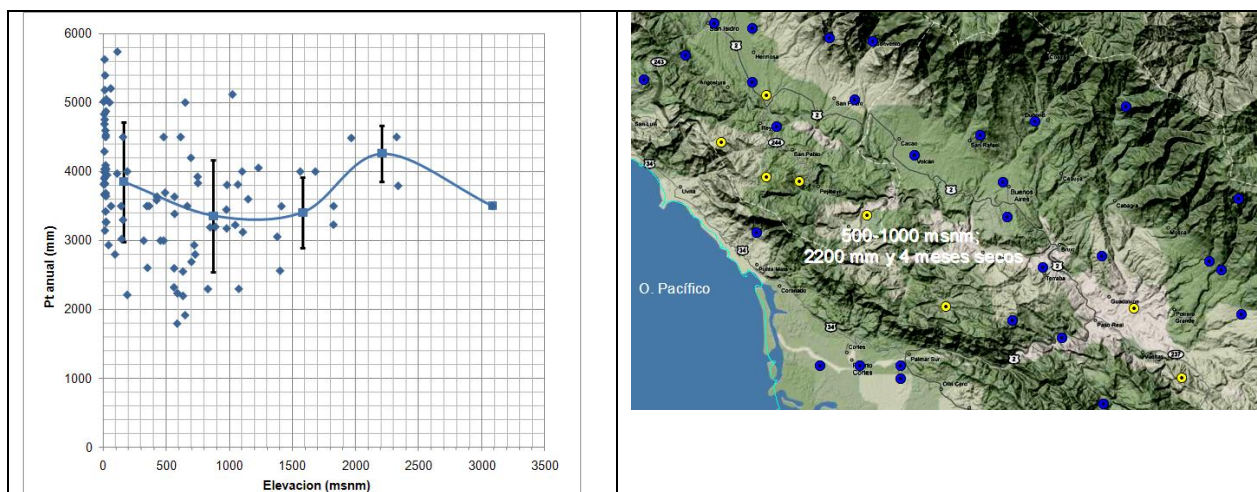


Figura 8: Relación precipitación media anual (mm) - elevación (msnm) para la sub vertiente Pacífico Sur. Las líneas verticales indican una desviación estándar. N:77. Los puntos amarillos en la imagen muestran los sitios más secos de la subvertiente (2162 ± 194 mm). Fuente: Basado en datos publicados por el MAG-IMN (1985), IMN (1988) e INETER.

Vertiente Norte

La muestra para la sub vertiente Norte contiene 65 estaciones con elevaciones entre 25 y 2015 m; lo cual representa el gradiente de elevación de la sub vertiente; sin embargo no se cuenta con datos para sitios entre 1000 y 1500 m. La precipitación media máxima anual se localiza entre los 600 y 900 m y a partir de esta elevación conforme se asciende en las cordilleras de Tilarán y Volcánica Central la precipitación tiende a reducirse (2740 ± 768 mm). La precipitación máxima en la grafica corresponde a una estación ubicada entre el paso del Volcán Chato y el cerro Los Perdidos. Esta sub vertiente presenta dos patrones espaciales; el primero es un aumento en la precipitación de oeste a este (2200 a 3500 mm) en áreas con elevaciones inferiores a 150 m y el otro es un descenso de la precipitación (1821 a 5283 mm) de sur a norte conforme se asciende desde las llanuras de Los Guatuso y San Carlos hasta la zona montañosa de la cordillera de Tilarán.

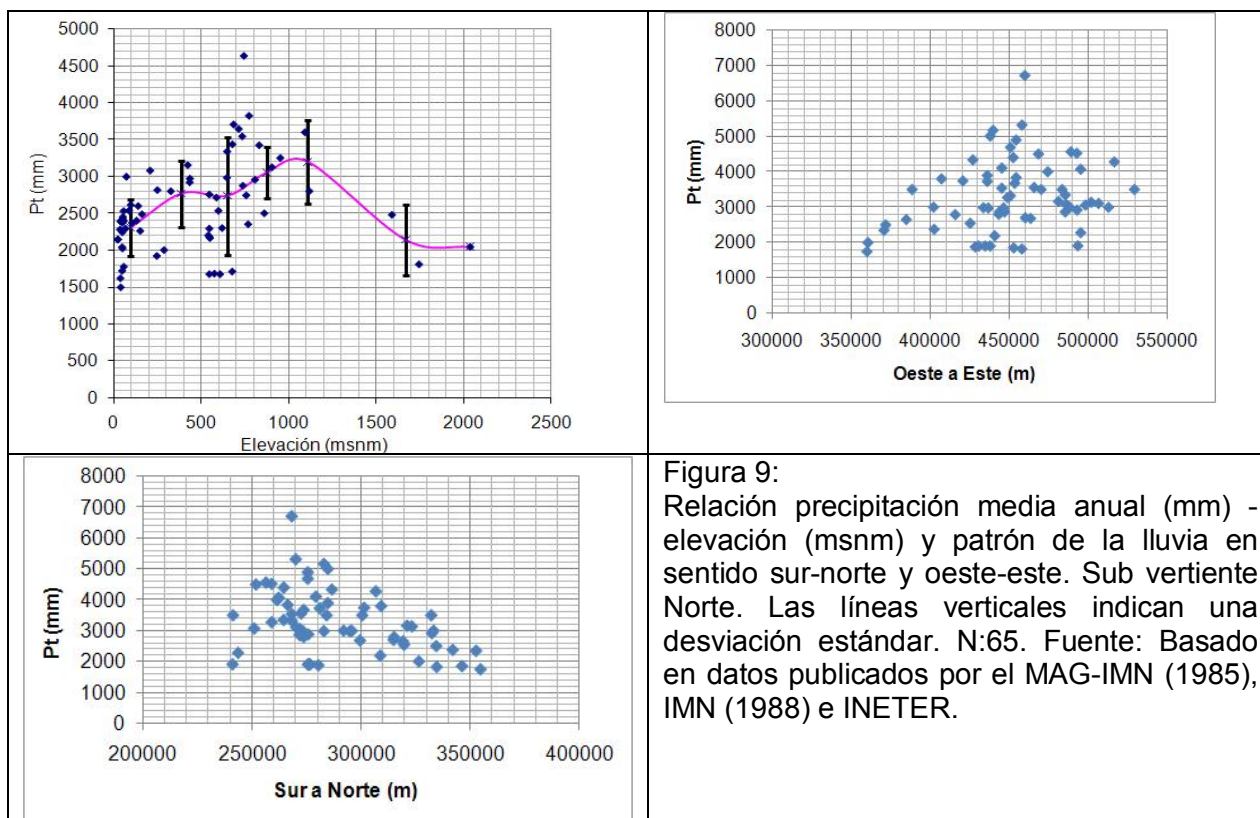


Figura 9:
Relación precipitación media anual (mm) - elevación (msnm) y patrón de la lluvia en sentido sur-norte y oeste-este. Sub vertiente Norte. Las líneas verticales indican una desviación estándar. N:65. Fuente: Basado en datos publicados por el MAG-IMN (1985), IMN (1988) e INETER.

Vertiente Caribe

La muestra para la vertiente Caribe contiene 148 estaciones con elevaciones entre 0 y 3481 m; lo cual es representativo del ámbito altitudinal de la vertiente. Las precipitaciones máximas (4000-6000 mm anuales) en la sub vertiente Caribe Norte se ubican en la llanura de Tortuguero, desde Parismina hasta Punta Castilla en la Frontera con Nicaragua y en la cuenca alta del río Sarapiquí sobre los 100 metros. En la sub vertiente Caribe Central los sitios más lluviosos están entre 900 y 2100 msnm (cuenca alta de los ríos Pejibaye y Orosi). A partir de dicha cota se observa un descenso en la lluvia media anual, alcanzándose un mínimo a los 3400 msnm con 2100 mm (Volcán Irazú). La sub vertiente Caribe Sur presenta un patrón similar al Caribe Central, con un incremento en la lluvia conforme se asciende en la cordillera de Talamanca.

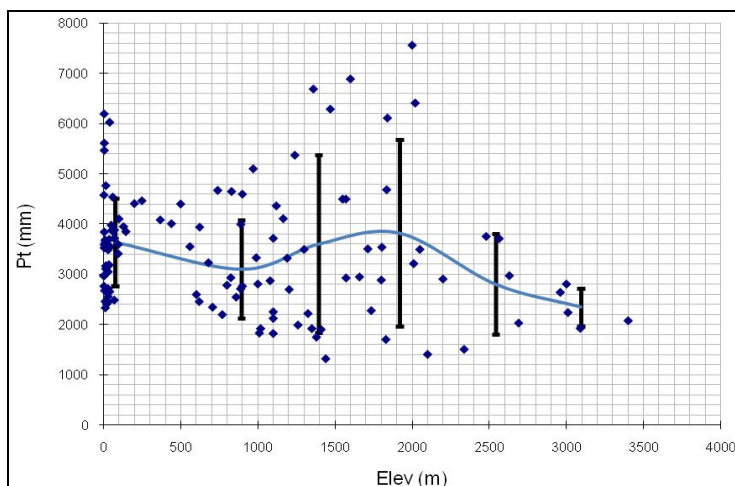


Figura 10:
Relación entre precipitación media anual y elevación para la vertiente Caribe. Las líneas verticales indican una desviación estándar. N:148. Fuente: Basado en datos publicados por el MAG-IMN (1985), IMN (1988) e INETER.

3.1.3. Mapa de precipitación media anual

A. Polígonos de Thiessen

La precipitación media anual (mm) estimada para Costa Rica utilizando polígonos de Thiessen fue de 3138 mm. El 20% de los polígonos (109) tienen una precipitación inferior a 1926 mm (7927.64 Km²; 15,5%) en tanto que el 20% más lluvioso presentan precipitaciones superiores a 3982 mm (11012.16 Km²; 21.6%). El percentil 50 corresponde al valor 2936 mm (Fig. 11).

El mapa muestra claramente que la vertiente Pacífico Norte-Valle Central es la más seca del país, así como el extremo este de la región Caribe Central (Valle del Guarco) y el sector noroeste del Valle de El General. Los sitios más húmedos se encuentran en la península de Osa-Golfito-Valle de Coto Colorado (Pacífico Sur), Tortuguero-Barra de Colorado (Caribe Norte) y en la estribación oriental de las cordilleras de Tilarán, Volcánica Central y Talamanca.

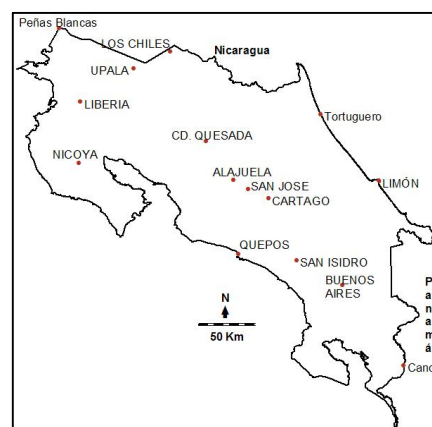
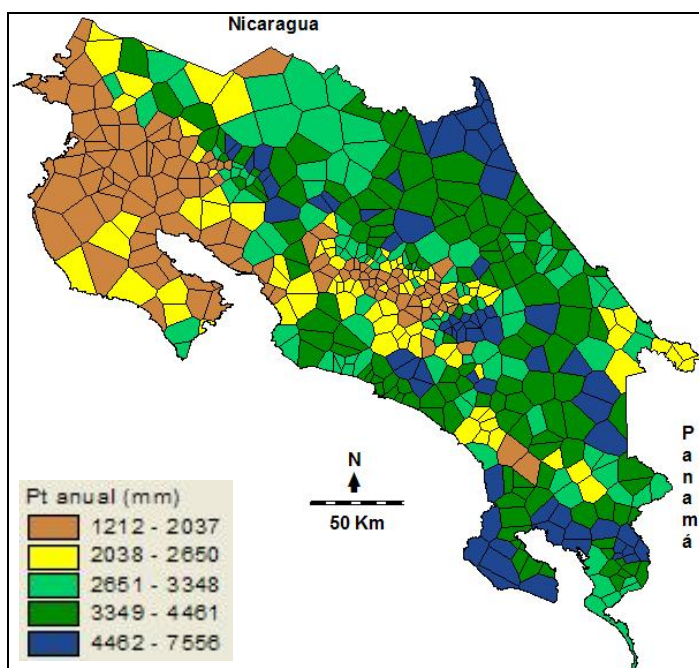


Figura 11: Polígonos de Thiessen. Fuente: Elaboración propia a partir de datos publicados por el MAG-IMN (1985), IMN (1988) e INETER.

B. Superficie de precipitación

La precipitación media anual (mm) estimada para Costa Rica utilizando la superficie de precipitación con una resolución de 200 m (Fig. 12) fue de 3150 mm, valor muy similar al estimado con los polígonos de Thiessen (3138 mm). El 10% de las celdas tienen una precipitación inferior a 1865 mm, en tanto que el 10% más lluvioso presentan precipitaciones superiores a 4360 mm. El percentil 50 corresponde al valor 3200 mm.

La sub vertiente Pacífico Norte-Valle Central es la más seca del país (media 2013 $\pm$ 473 mm) (Cuadro 4), otros sitios “secos” se encuentran en el extremo este de la sub vertiente Caribe Central (Valle del Guarco, Tierra Blanca); el extremo noroeste del Valle de Coto Brus y el extremo sureste del Valle de El General y una pequeña área alrededor de los Chiles en la Zona Norte. A nivel nacional, existe un gradiente de precipitación al desplazarnos desde el Pacífico Norte-Valle Central (2103 $\pm$ 473 mm) hacia el Pacífico Central (3262 $\pm$ 755 mm) y Sur (3708 $\pm$ 755 mm). Las sub vertientes más lluviosas son Caribe Norte (4129 mm) y Pacífico Sur (3708 mm). Los sitios más húmedos se encuentran en la península de Osa y Golfito (Pacífico Sur), Tortuguero-Barra de Colorado (Caribe Norte) y en las estribaciones orientales de la cordillera de Tilarán, Volcánica Central y Talamanca. Otra región de alta precipitación se encuentra en las cabeceras de los ríos Oroqui, Pejibaye, Gato y Pacuare en la subvertiente Caribe Central. El 47.8 % del territorio costarricense recibe más de 3500 mm de lluvia al año y por tanto somos un país con una gran riqueza hídrica (Cuadro 4 y Fig. 12).

Cuadro 4: Precipitación media anual (mm) por sub vertiente de Costa Rica.

Sub vertiente	Pt. media (mm)	D. Est. (mm)	Pt. Mediana (mm)	Área Km ²	Área (%)
Caribe Norte	4129	678	4030	5348.64	10.5
Pacífico Sur	3708	755	3605	9355.48	18.3
Caribe Central	3544	864	3560	5579.85	10.9
Caribe Sur	3503	651	3607	4122.84	8.1
Pacífico Central	3262	755	3283	3483.82	6.8
Zona Norte	3172	659	3152	9163.32	17.9
P. Norte-Valle Central	2103	473	1987	14005.38	27.4
				51059	100.0

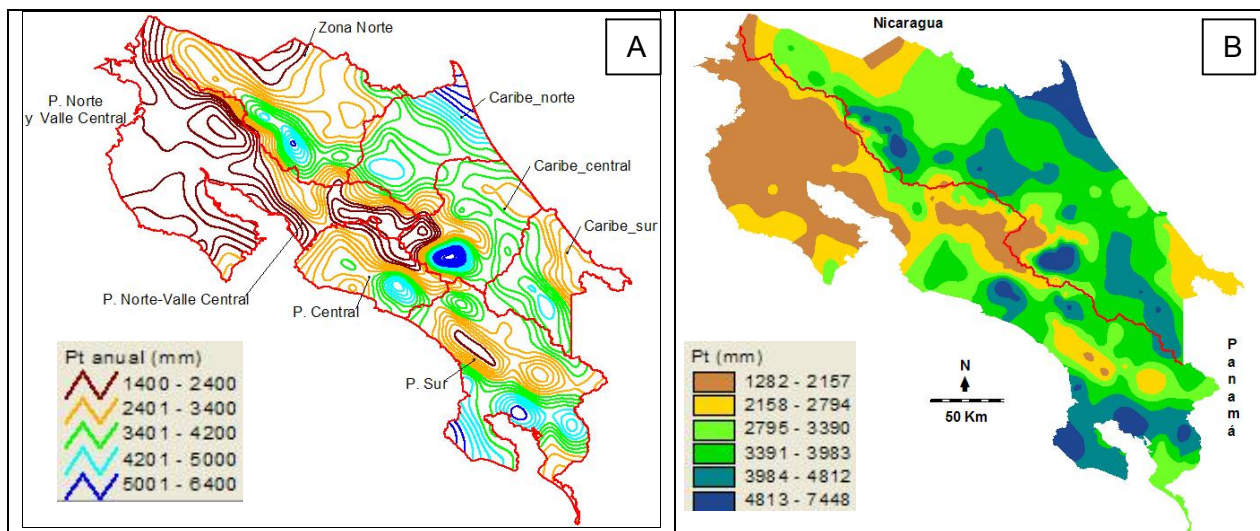


Figura 12: Precipitación media anual (mm) para Costa Rica. A. Isoyetas con valores cada 200 mm. B. Superficie de precipitación (mm) con una resolución de 200 m. La línea roja indica la divisoria topográfica. Fuente: Elaboración propia a partir de datos publicados por el MAG-IMN (1985), IMN (1988) e INETER.

Al interior de cada sub vertiente, los sitios con una precipitación media anual superior a 4500 mm son los siguientes (Fig. 13):

Pacífico Central

En esta sub vertiente existe una pequeña zona con más de 4500 mm de lluvia anual en la cuenca media (200-1000 msnm) de los ríos Savegre y Naranjo.

Pacífico Sur

En el Pacífico Sur, existen cuatro zonas con una precipitación anual superior a los 4500 mm. La primera se ubica al norte de la ciudad de San Isidro de El General (Cuenca del río General entre 850 y 1500 msnm); la segunda en la península de Osa y Valle de Diquís; la tercera en Golfito y las filas Esquinas, Silencio, Golfito, Gamba y sus estribaciones; y la cuarta en el extremo sur del Valle de Coto Colorado.

Zona Norte

La zona con más de 4500 mm abarca una banda entre 300 y 1500 msnm que inicia en los poblados de Cabagra, Tigra, Venado, Sta Eulalia y Palma en el extremo noroeste pasando luego por el Volcán Arenal y terminando en los cerros Chato, Los Perdidos, Fila Delio Herrera, San Bosco y Cerro Poco Sol.

Caribe Norte

Esta sub vertiente presente tres zonas con más de 4500 mm. La primera se ubica en el extremo noreste de la costa Caribe (Llanura de Tortuguero, Barra de Colorado, Pta. Castilla, lomas de Sierpe y canales del Tortuguero). La segunda se encuentra en la cuenca media (500-1300 msnm) de los ríos Volcán, San Fernando y Sarapiquí e incluye a los pueblos de

San Miguel, Ángeles, Ujarrás, Colonia, Virgen del Socorro, Cariblanco, Isla Bonita y la Estribación Este del V. Congo. Y la tercera se ubica en la estribación norte y oeste del Volcán Cacho Negro entre 700 y 1600msnm

Caribe Central

En esta sub vertiente existe una zona con más de 4500 mm de lluvia anual entre 1000-2500 msnm en las cuencas superiores de los ríos Grande de Orosi, Pejibaye, Gato, Pacuare y Atirro; estribación oriental de la cordillera de Talamanca.

Caribe Sur

Los datos de la sub vertiente Caribe sur son los menos confiables de todo el set de datos; sin embargo el interpolador indica que existen dos zonas con más de 4 500mm; ambas ubicadas en la estribación sur-este de la cordillera de Talamanca. La primera corresponde a la cuenca de los ríos Guary, afluente del río Coén y Quei, afluente del río Telire; entre 800 y 1700 msnm y la segunda a la cuenca media del río Lari (500-1600msnm). Estos ríos son a su vez afluentes del río Sixaola.

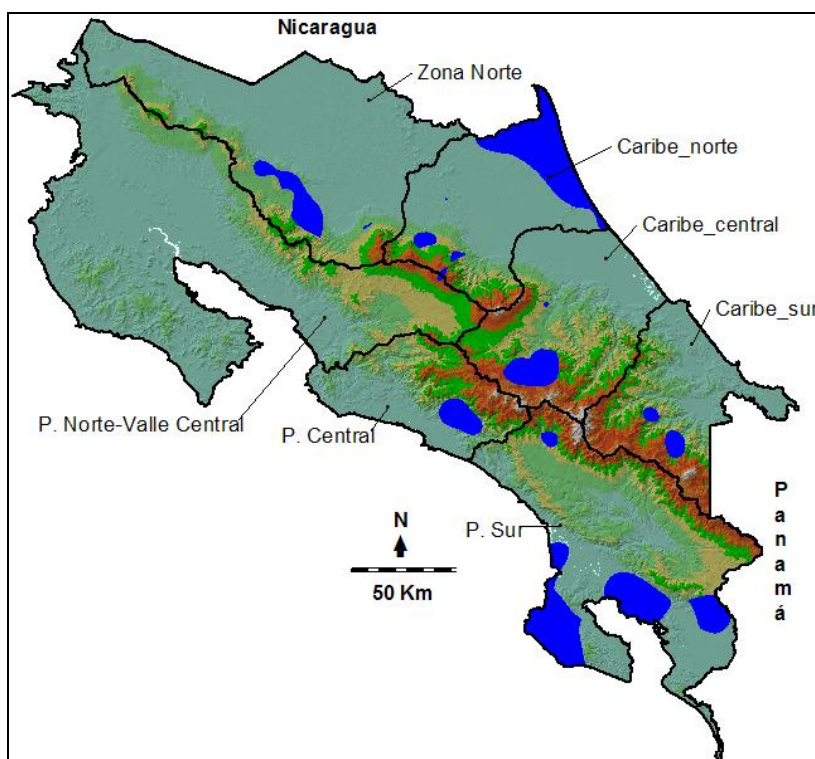


Figura 13: Precipitación media anual superior o igual a 4500 mm. Fuente: Elaborado a partir de mapa de precipitación media anual.

3.1.4. Validación de la superficie de precipitación media anual

La distribución espacial de la precipitación en Costa Rica es muy compleja debido a la interacción entre cadenas montañosas y vientos de mesoescala y locales (Zárate, 1976). El resultado final es una serie de microambientes con cambios de precipitación abruptos en

distancias muy cortas. Por ejemplo, en la cordillera de Tilarán, la lluvia anual pasa de 1600 mm a 300 metros en el Pacífico a 3200 mm a 800 metros en el Caribe en aproximadamente 10 Km lineales. Es probable que bajo estas condiciones y con escasos datos ningún interpolador pueda simular correctamente la distribución de precipitación en Costa Rica. A pesar de esto, en el presente trabajo se realizaron tres pruebas independientes con el fin de valorar la eficiencia del interpolador y brindar al usuario(a) evidencia numérica sobre las bondades y limitaciones del mapa.

Prueba 1: Subset de datos

Esta evaluación consistió en eliminar 50 puntos al azar del set de datos (aproximadamente 10%) y ajustar nuevamente la superficie de precipitación anual. Posteriormente se restó el valor de precipitación de las estaciones excluidas del valor estimado según la superficie creada y se expresó en porcentaje con respecto a la lluvia de la superficie.

Diferencia $\% = ((A - B) / A) * 100$, en donde:

A: Precipitación medida en la estación (mm)

B: Precipitación estimada para la estación utilizando la superficie (mm)

Prueba 2: Comparación de superficies

Una segunda evaluación consistió en calcular la diferencia en porcentaje entre las dos superficies:

Diferencia $\% = ((A - B) / A) * 100$, en donde:

A: Superficie creada con todos los datos (mm)

B: Superficie creada con el 90% de los datos (mm)

Prueba 3: Comparación con precipitación del periodo 2002-2007

Esta prueba consistió en utilizar la superficie de precipitación para estimar la lluvia de 83 estaciones publicadas en el Atlas 2008 (Ortiz, 2008). Posteriormente, se expresó la diferencia de precipitación como un porcentaje con respecto a la lluvia del periodo 2002-2007.

Diferencia $\% = ((A - B) / A) * 100$, en donde:

A: Precipitación medida de la estación (mm)

B: Precipitación estimada para la estación utilizando la superficie (mm)

La figura 14 muestra los resultados para las tres pruebas. En todos los casos evaluados, las diferencias fueron tanto positivas (sobrestimación) como negativas (subestimación). Sin embargo la gran mayoría se encuentran en el ámbito $\pm 15\%$; valor que se considera aceptable dado la variabilidad natural de la precipitación en Costa Rica.

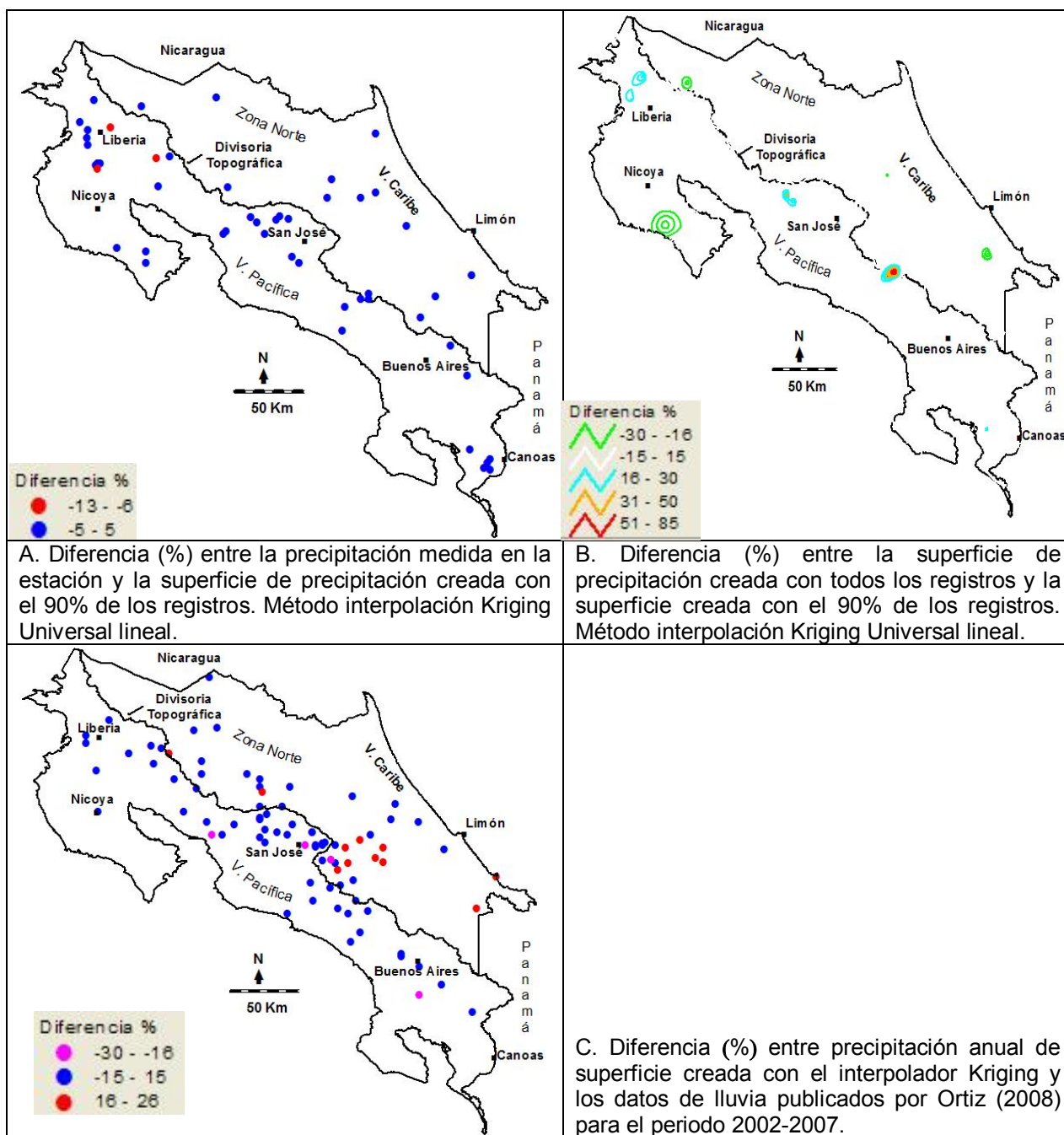


Figura 14: Diferencia porcentual entre: A. precipitación medida en la estación y la superficie de precipitación creada con el 90% de los registros. B. Superficie de precipitación creada con todos los registros y la superficie creada con el 90% de los registros C. Precipitación anual de superficie creada con el interpolador Kriging y los datos de lluvia publicados por Ortiz (2008) para el periodo 2002-2007.

3.2. Precipitación media estacional

A. Polígonos de Thiessen

La precipitación media estimada para el periodo diciembre-abril fue de 648 mm. El 25% de los polígonos tienen una precipitación inferior a 154 mm, en tanto que el 10% más lluvioso presentan precipitaciones superiores a 1330 mm. El percentil 50 corresponde 490 mm (Fig. 15).

Para el periodo mayo-noviembre la precipitación media registrada fue de 2489 mm (± 810 mm); el 25% de los polígonos tienen una precipitación inferior a 1824 mm, en tanto que el 10% más lluvioso presentan precipitaciones superiores a 3588 mm. El percentil 50 corresponde 2318 mm (Fig. 15).

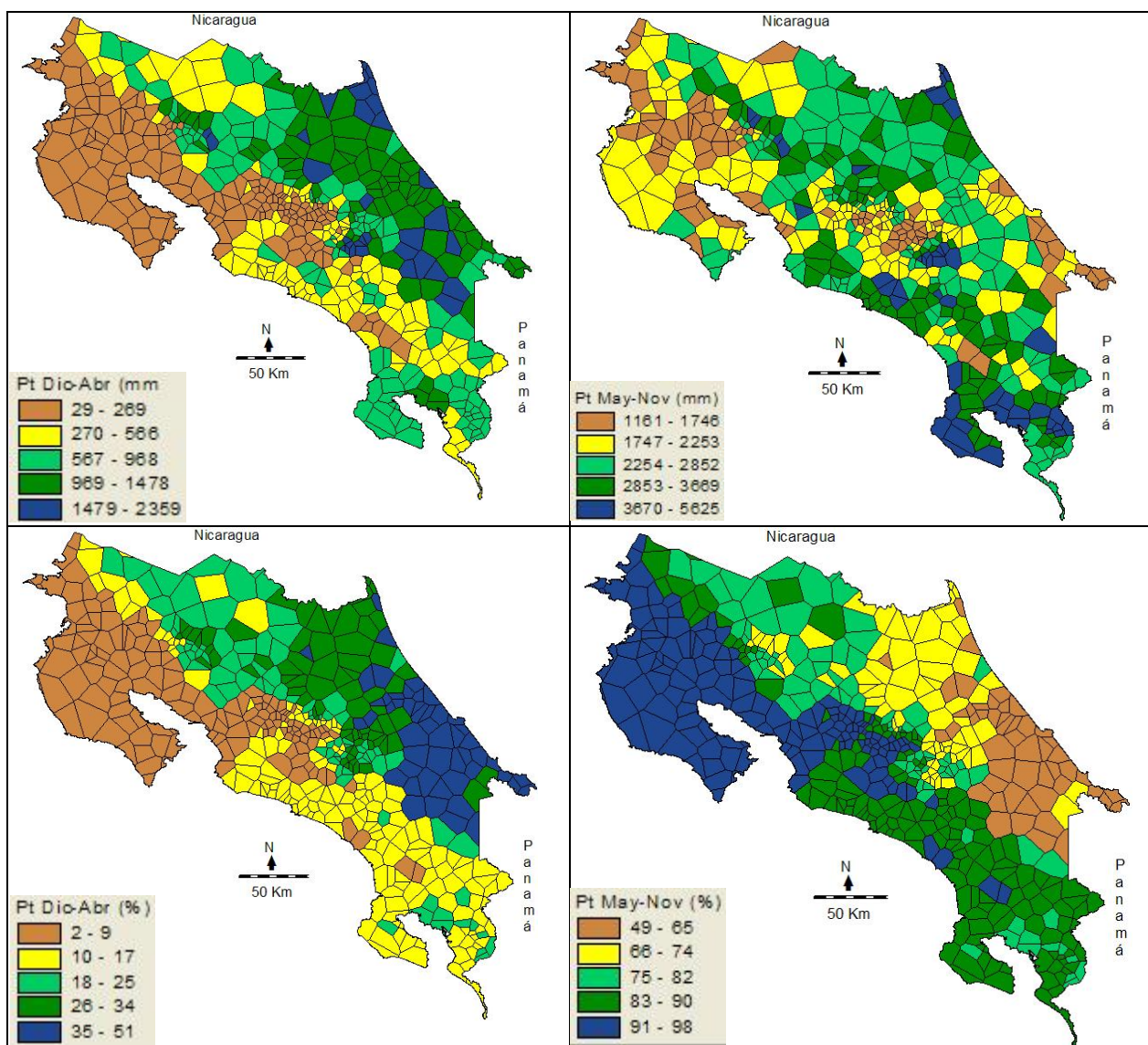


Figura 15: Polígonos de Thiessen (mm) para precipitación estacional. A. Diciembre-Abril. B. Mayo-Noviembre Fuente: Elaboración propia a partir de datos publicados por el MAG-IMN (1985), IMN (1988) e INETER.

B. Superficie de precipitación

Las superficies de precipitación media (mm) para los periodos diciembre-abril y mayo-noviembre (Fig.16) presentan el mismo patrón estacional descrito previamente en el documento.

La diferencia entre la suma de las superficies de precipitación estacional y la precipitación anual fue inferior a 15 mm. Esto indica, indirectamente, que la estimación estacional de precipitación es confiable.

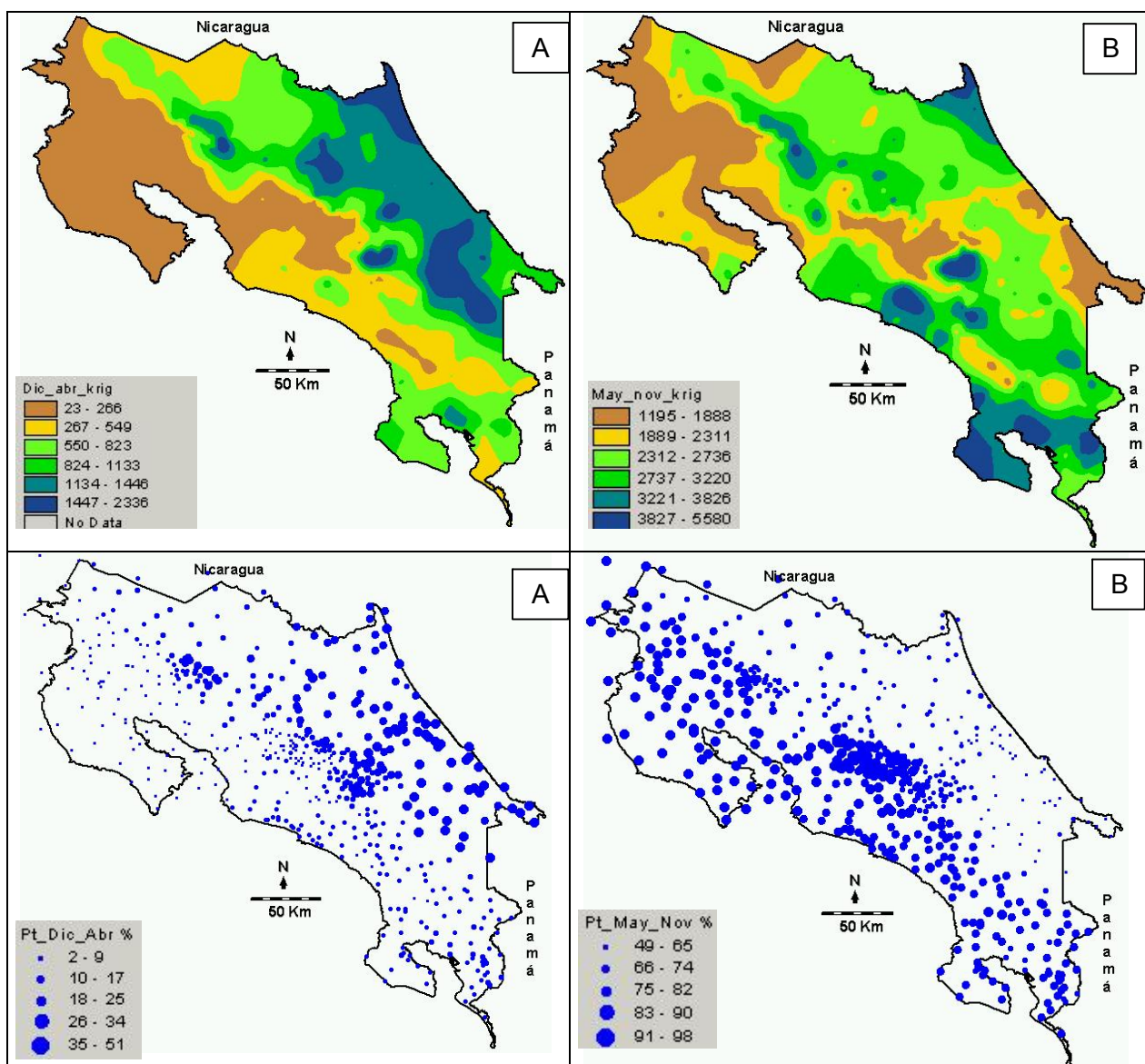


Figura 16: Superficie de precipitación estacional (mm). A. Diciembre-Abril. B. Mayo-Noviembre
Fuente: Elaboración propia a partir de datos publicados por el MAG-IMN (1985), IMN (1988) e INETER.

3.3. Meses secos

El mes seco es una conceptualización teórica y por lo tanto no existe un único índice o valor que lo defina. Por ejemplo, podemos tener meses secos fisiológicos, hidrológicos y climáticos (<http://wf.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/prelim/drought/palmer.html>). El mapa elaborado en el presente trabajo (Fig. 17) muestra la distribución de meses con una precipitación mensual menor o igual a 75 mm. Este valor equivale aproximadamente a 50% de la evapotranspiración potencial mensual para la mayor parte del territorio costarricense.

La distribución estacional de lluvia muestra un patrón bien definido en Costa Rica; por un lado tenemos la vertiente Caribe caracterizada por la usencia de meses secos (34.3% del territorio) y por otro la sub vertiente Pacífico-Valle Central con 4 a 5 meses secos (32% del país). El resto del país y en especial las zonas montañosas muestran cambios abruptos en meses secos en distancias muy cortas. Una de las zonas que mejor ilustra esta condición es el área conformada por los poblados de Las Juntas de Abangares (5 meses secos), Cerro Plano (2-3 meses) y Santa Elena (2 meses) es las estribaciones occidentales de la cordillera de Tilarán (Fig. 18).

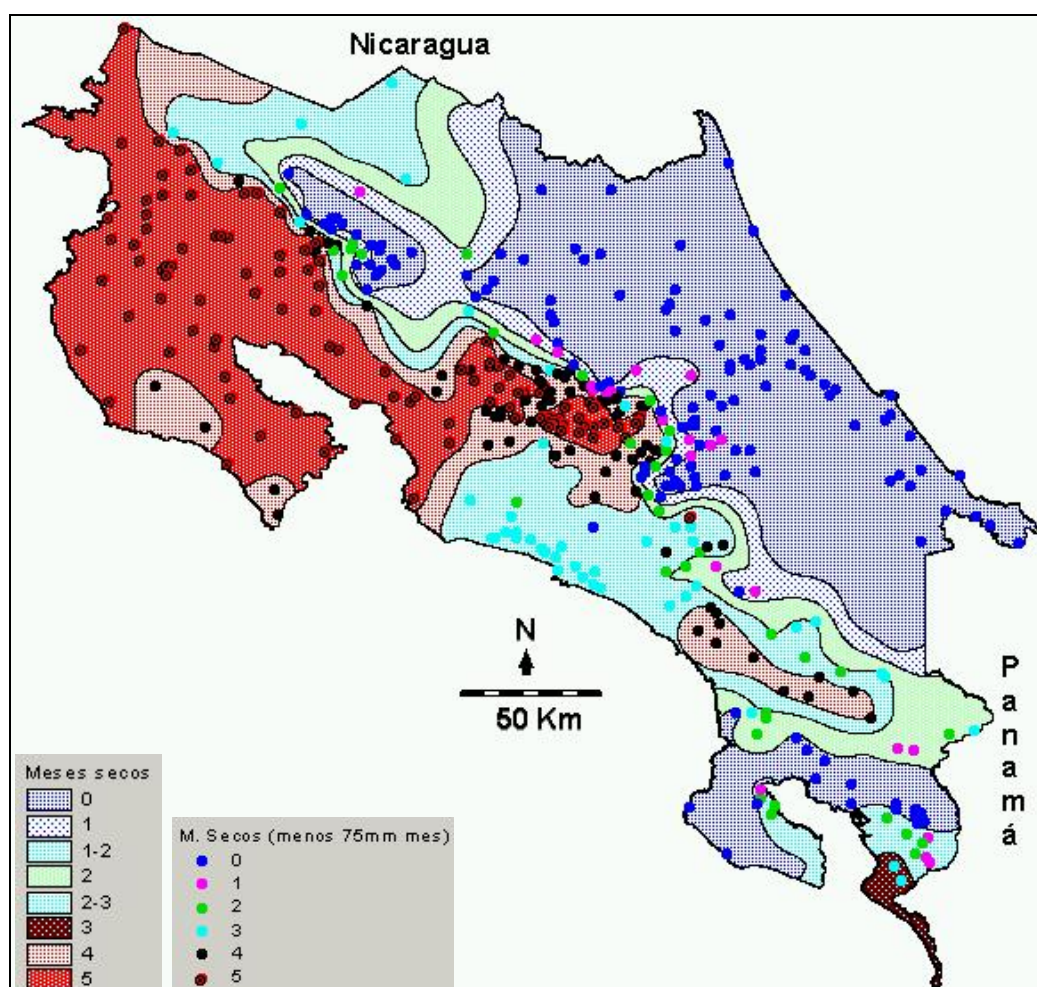


Figura 17: Meses secos. Los puntos indican la ubicación de las estaciones/localidades utilizadas en el proceso de interpolación. Fuente: Elaboración propia a partir de datos publicados por el MAG-IMN (1985), IMN (1988) e INETER.



Figura 18: Efecto de vientos Alisios y cadenas montañosas sobre la estacionalidad de la precipitación en Costa Rica. Vista desde la carretera interamericana hacia la cordillera Volcánica de Guanacaste. Marzo 2009. Foto. J. Fallas

3.4. Temperatura media anual

La figura 21 muestra la relación entre la temperatura media anual y la elevación sobre el nivel medio del mar para 80 estaciones meteorológicas de Costa Rica. El análisis gráfico de los datos indicó que la gradiente térmica y la temperatura media al nivel del mar es diferente en la vertiente Pacífica y en la Caribe-Zona Norte y por lo tanto se ajustó una ecuación de regresión lineal por vertiente. Esto permite simular mejor las condiciones de energía a nivel nacional. Por ejemplo, una localidad “A” en el Caribe a 1000 metros (21.5 °C) tiene su homólogo térmico A’ a 1150 metros en el Pacífico. Gradientes térmicos similares a los reportados en el presente trabajo fueron obtenidos por Herrera (1988) utilizando 12 estaciones climatológicas de la vertiente Caribe y 18 de la vertiente Pacífica para el periodo 1961-1980 y por Kluge, Kessler y Dunn (2006) para el transecto La Selva-Volcán Barva en la vertiente Caribe Central del país. Fleischbein, et al. (2005) estimaron una tasa de enfriamiento ambiental de 0.006-0.007 por metro para su sitio de estudio en Loja (Andes orientales),

El error medio cuadrático del modelo de regresión fue de 0.47 °C para la vertiente Pacífica y 0.52 °C para la vertiente Caribe-Zona Norte (Figs.19 y 20). Los errores superiores a 0.5 °C se concentran en el Pacífico Norte-Valle Central y en zonas montañosas y por lo tanto es posible que reflejen errores en la estimación de elevación de la estación. El análisis de errores

permite concluir que la superficie de temperatura es confiable para estimar temperatura media anual en sitios sin estaciones meteorológicas. Sin embargo, la ecuación ajustada al set de datos debe considerarse como preliminar ya que un análisis por sub vertiente (Fig.21) indica que las tasas de enfriamiento ambiental no son homogéneas en el país. Las pendientes de las regresiones por sub vertiente indican que la temperatura disminuye más rápidamente conforme avanzamos de norte a sur tanto en la vertiente Pacífico y de sur a norte en la Zona Norte-Caribe.

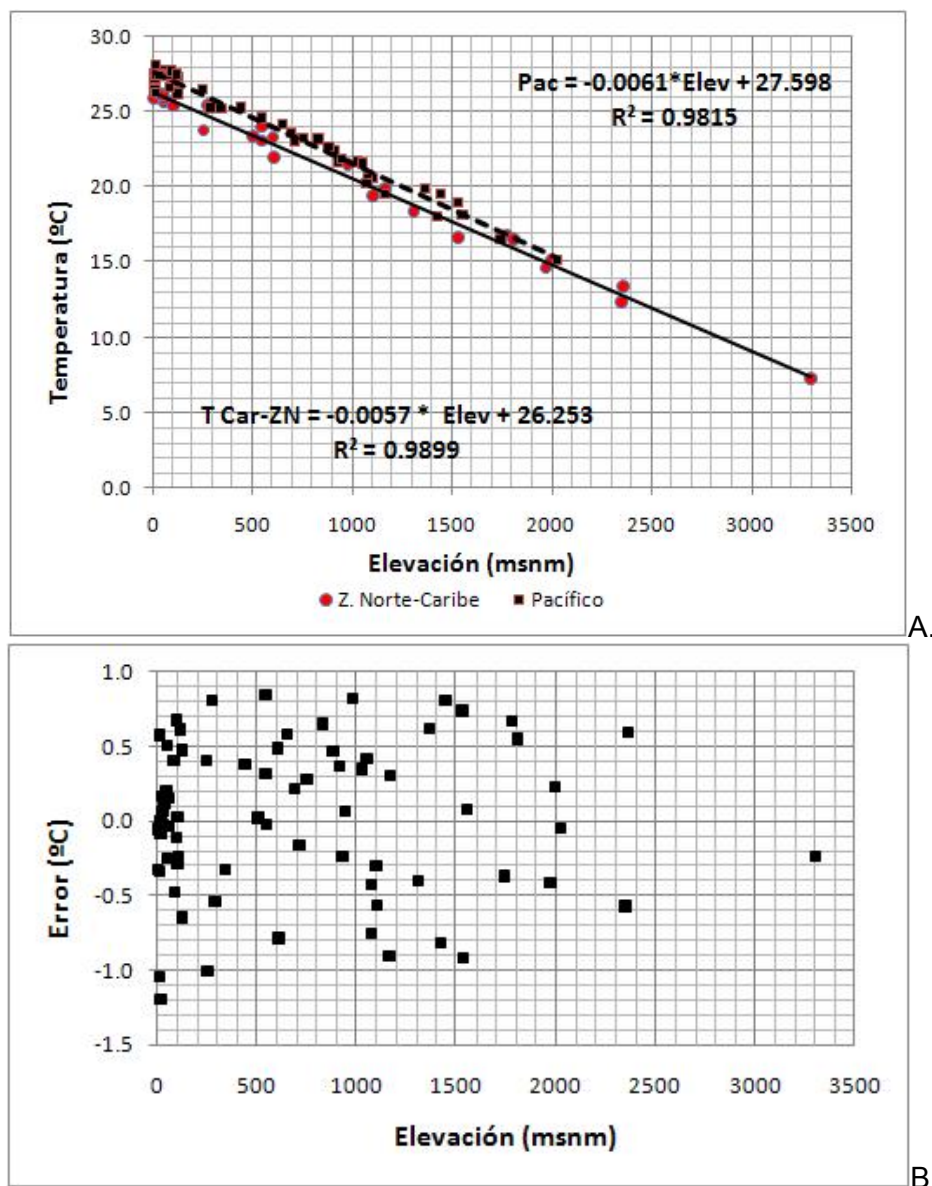


Figura 19: Estimación de temperatura media anual en función de elevación media sobre el nivel del mar. A. Ecuaciones de regresión por vertiente. B. Distribución de errores por elevación. Fuente: basado en datos de Rojas (1985); IMN-CR y Grieser, Gommès y Bernard (2006).

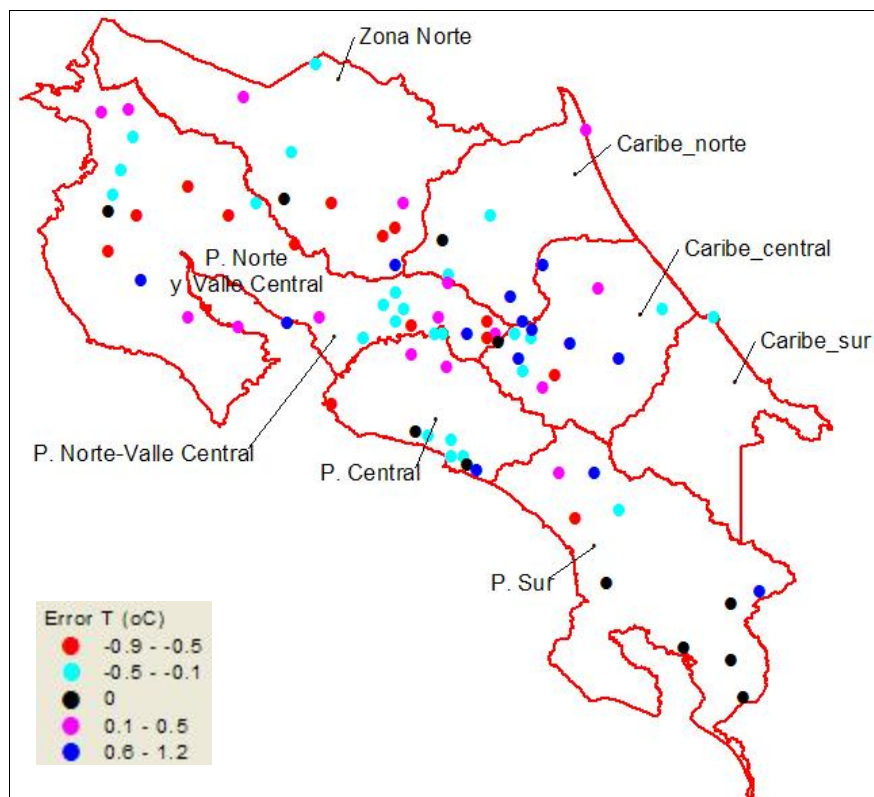


Figura 20: Distribución espacial del error de estimación de temperatura media anual en función de elevación media sobre el nivel del mar. Fuente: elaboración propia a partir de datos de Rojas (1985); IMN-CR y Grieser, Gommès y Bernard (2006)

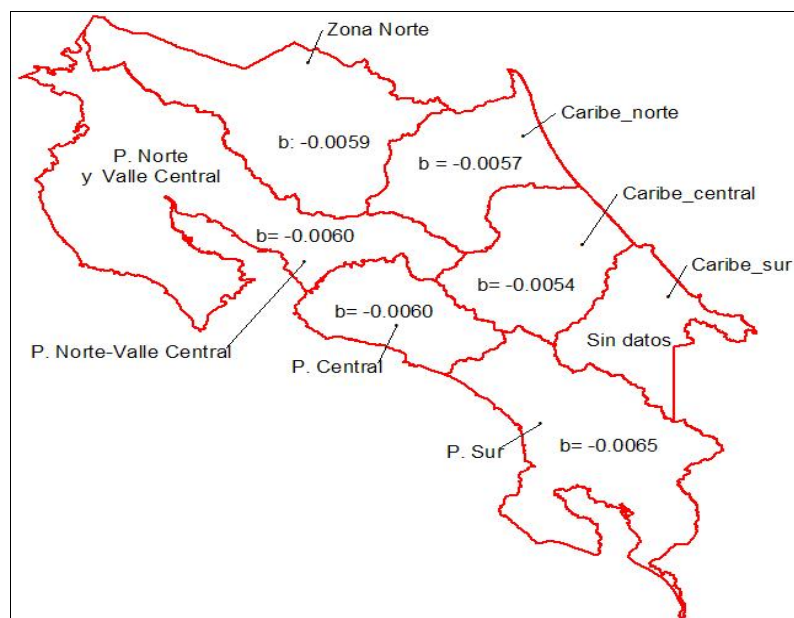


Figura 21: Tasa de enfriamiento ambiental por subvertiente de Costa Rica. Fuente: basado en datos de Rojas (1985); IMN-CR y Grieser, Gommès y Bernard (2006).

La figura 22 muestra la distribución espacial de la temperatura media anual para Costa Rica y el cuadro 5 la división del país por pisos térmicos con su equivalente altitudinal. Según Holdridge (1978), los bosques entre 12 y 24 °C son fisionómicamente equivalentes; ya que poseen el mismo índice de complejidad.

Cuadro 5: Pisos térmicos y su equivalencia altitudinal en el Caribe y Pacífico de Costa Rica.

Descripción	Vertiente Pacífica (m)	T °C	Vertiente Caribe (m)	T °C
Tierras muy calientes	0–590	27.6 - 24.0	0–400	26.3 - 24.0
Tierras calientes	591–1.1190	23.9 - 20.3	401–1.050	23.9 - 20.3
Tierras frescas	1.189–1.680	20.2 - 17.4	1.151–1.550	20.2 - 17.4
Tierras muy frescas	1.681-2.550	17.3 - 12.0	1551-2500	17.3 - 12.0
Tierras frías	2.551-3580	11.9 - 5.8	2501-3580	11.9 - 5.8
Tierras muy frías	Más 3581	Menos 5.8	Más 3580	Menos 5.8

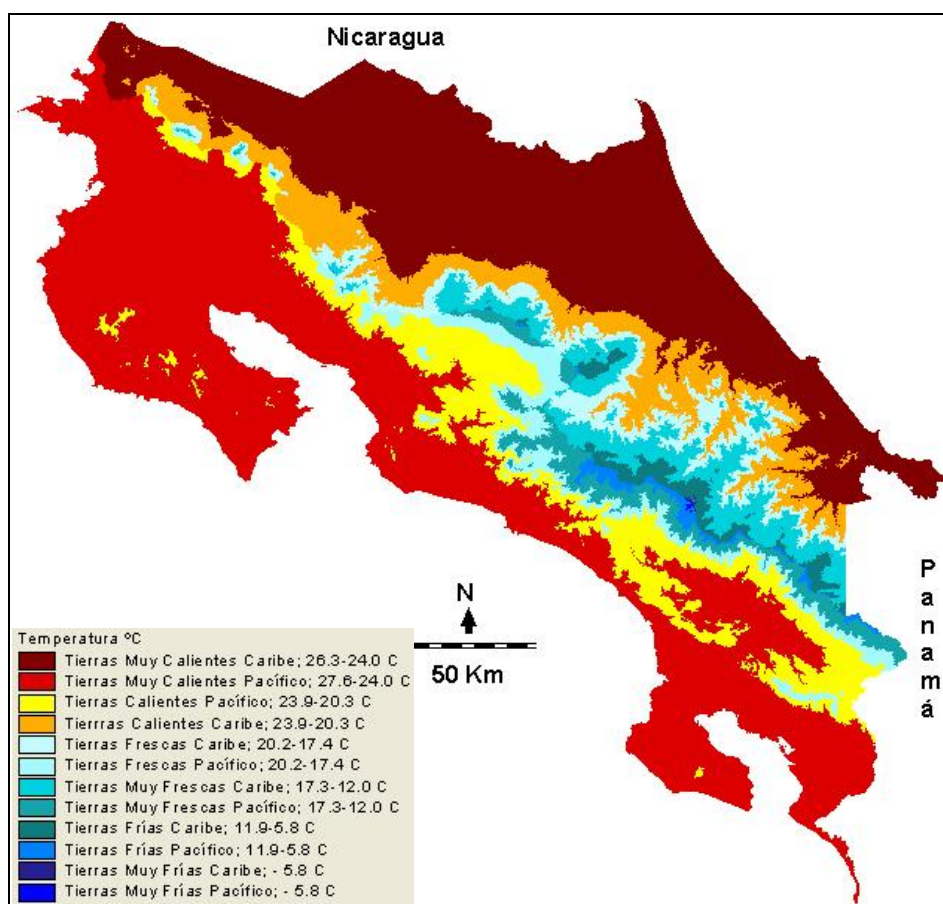


Figura 22: Superficie de temperatura media anual elaborado a partir de modelo digital de elevación y ecuaciones de temperatura versus elevación por vertiente (Pacífico y Z. Norte-Caribe).

4. Aplicaciones

Como se mencionó en la introducción del presente trabajo, existen múltiples usos para las superficies de precipitación y temperatura. A continuación se ilustra dos de ellas. La primera tiene como objetivo estimar la riqueza pluvial por distrito en Costa Rica y la segunda evaluar la congruencia entre los valores de precipitación y temperatura del mapa Ecológico de Costa Rica según el sistema de clasificación de Zonas de Vida del mundo de Holdridge a escala 1:200.000 (Bolaños y Watson, 1993) y los datos obtenidos de los mapas creados en el presente estudio.

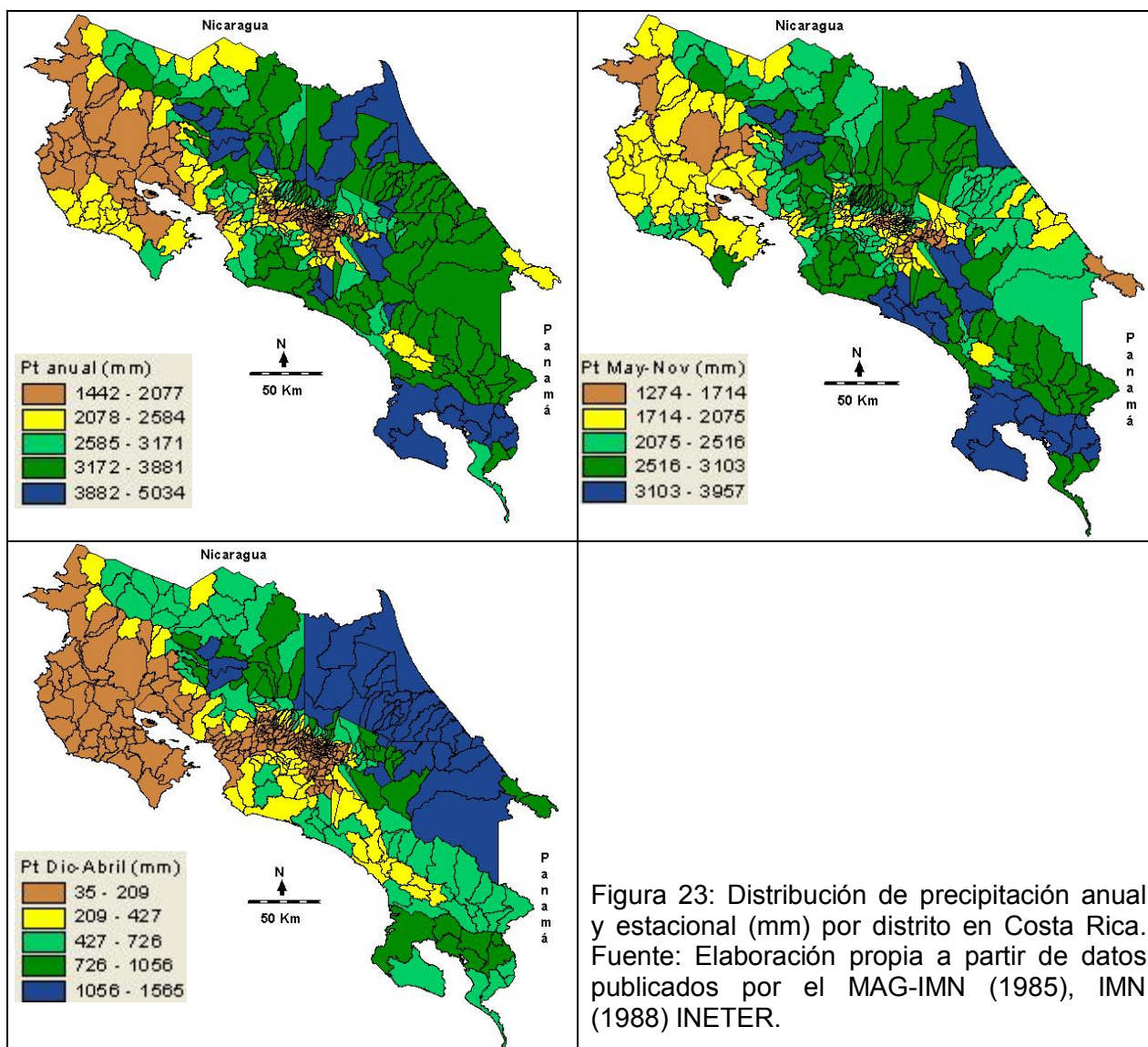
4.1. *Riqueza pluvial por distrito*

Con frecuencia se tiene la percepción que Guanacaste es la región más seca de Costa Rica; sin embargo a escala de distrito cuatro de los seis distritos más secos (con menos de 1574 mm al año) se encuentran en Cartago (Carmen, Occidental, Cot y San Rafael de Oreamono). Los otros dos pertenecen a Guanacaste (Cañas y Nacascolo). Si analizamos la distribución estacional, observamos que para el periodo mayo-noviembre los seis distritos menos lluviosos (menos de 1350 mm de lluvia) están nuevamente en Cartago (Occidental, Carmen, Cot, San Rafael, Cipreses y Oriental). Para el periodo diciembre-abril, el patrón cambia y todos los distritos más secos (menos de 55 mm de lluvia) se encuentran en Guanacaste: Palmira-Carrillo, Nacascolo-Liberia, Sardinal-Carrillo, Santa Elena-La Cruz, Tempate-Sta Cruz, Belén-Carrillo. Conclusión, efectivamente, Guanacaste es el sitio más seco entre diciembre y abril en Costa Rica; sin embargo no lo es a nivel anual o durante la estación lluviosa.

Por otro lado, los distritos más lluviosos (+4575 mm/año) son Pejibaye-Cartago, Colorado-Limón, Peñas Blancas-Puntarenas, San Lorenzo-San José y Agua Buena-Puntarenas. Sin embargo, si analizamos nuevamente la distribución estacional observamos que en el periodo mayo-noviembre los distritos que reciben más lluvia (+3744 mm) son San Lorenzo-San José, Pejibaye-Cartago, Sierpe-Puntarenas, Agua Buena-Puntarenas y Naranjito-Puntarenas. Para el periodo diciembre-abril los distritos más lluviosos (+1400mm) son Santa Teresita-Cartago, Colorado-Limón, Florida-Limón, Río Blanco-Limón y Matina-Lmón. En este caso el patrón espacial muestra más variabilidad y por tanto es menos evidente comparado con el periodo diciembre-abril.

Este ejercicio ilustra la importancia de analizar tanto la oferta de lluvia anual como la estacional y refuerza la necesidad de contar con datos digitales confiables y actualizados para la toma de decisiones sobre la gestión del recurso hídrico a nivel local, regional y nacional.

Las superficies de precipitación anual y estacional creadas en el presente estudio, aun cuando tienen limitaciones por la distribución espacial y temporal de los datos y la complejidad del ambiente a modelar, probablemente constituyen la mejor fuente de datos públicos disponibles en el país. Una limitante para crear nuevas superficies ó actualizar las creadas es que al año 2009 se cuenta con menos estaciones que en las décadas del 70-80 y por lo tanto la limitación de datos se ha agravado en lugar de mejorar.



4.2. Zonas de Vida, ámbitos de precipitación y temperatura y distribución de especies

El concepto de Zonas de Vida de Holdridge (1978) jugó un papel relevante en estudios de planificación territorial, ecología y de uso de la tierra en los años 80 y 90s al proveer de un marco teórico que permitía sintetizar las condiciones bioclimáticas de una localidad. Esto era sumamente valioso dada la ausencia de cartografía digital en dichos días. Si bien es cierto dicho concepto puede mapearse a diferentes escalas, en la actualidad solo se dispone de mapas a escala 1:200.000 (Bolaños y Watson, 1993). Por esta razón su uso en estudios de escala local no es apropiado dado su grado de generalización. Otra razón para reemplazar su uso por datos primarios es que actualmente se dispone de mapas climáticos en formato digital que describen mejor las condiciones bioclimáticas anuales y estacionales de una localidad.

El cuadro 6 ilustra las discrepancias entre los ámbitos de precipitación y temperatura media anual del Mapa Ecológico de Costa Rica a escala 1:200 000 y los respectivos valores obtenidos de las superficies creadas en el presente estudio para las zonas de vidas bosque

seco tropical (bs-T), bosque húmedo Montano Bajo (bh-MB) y bosque muy húmedo Tropical (bmh-T).

Para las dos primeras zonas de vida la discrepancia en precipitación es aproximadamente 300 mm, sin embargo para la última es de 1500 mm. Por otra parte, si mapeamos los ámbitos de temperatura y precipitación del bosque muy húmedo Tropical (bmh-T) observamos que dicha zona de vida ocuparía 4102.69 Km² sin embargo en el Mapa Ecológico actual ocupa 8454.76 Km² (Fig. 24). Solamente un 37.5% del área mapeada a escala 1:200000 coincide con el área estimada para dicha Zona de Vida según los datos del presente estudio. La diferencia más importante es que según nuestros datos existe un 55% menos de bosque muy húmedo tropical con respecto al mapeado a escala 1:200.000. Esto ilustra nuevamente la importancia de utilizar datos primarios para describir las condiciones bioclimáticas de una localidad.

Cuadro 6: Zonas de Vida y ámbitos de precipitación y temperatura media anual.

Zona de Vida	Elevación (msnm)		Pt anual		Temperatura media anual °C	Zonas de Vida	
	Media ± S	Ámbito	mm	Ámbito		Temperatura (°C)	Pt anual (mm)
bs-T	55± 55	7-144	1598±126	1459-1833	27.0±0.3 26.6 a 27.2	24 a 27.8	1100-1500
bh-MB	1827±98	1741-1934	1960±252	1759-2243	16.8±1.2 15.4-17.8	12 a 17	1400-2000
bmh-T	227±117	9-450	3662±480	2544-4645	25.7±1.0 23.9-27.3	24 a 27	4000-6000

bs-T: bosque seco Tropical, bh-MB: bosque húmedo Montano Bajo, Bmh-T: bosque muy húmedo Tropical

La figura 25 ilustra la relación entre registros de *Atelopus varius* (Bufonidae) (rana pintada, sapo pintado, rana arlequín) suministrados por INBIO para Costa Rica y su relación con la Zona de Vida bosque muy húmedo Tropical (bmh-T) según el mapa Ecológico a escala 1:200 000 y la distribución esperada de dicha Zona de Vida según los datos del presente estudio. Esta especie está listada en Apéndice de CITES. En Costa Rica está catalogada como amenazada de extinción y está protegida y regulada por la Ley de Conservación de la Vida Silvestre No. 7317, la Ley Orgánica del Ambiente No. 7554 y el decreto No. 26435-MINAE. La especie se encuentra en Colombia, Panamá y Costa Rica (<http://amphibiaweb.org>).

El 9% de los registros se encuentran a una distancia inferior o igual a 1000 m (5 mm a escala del mapa 1:200 000) del límite del bosque muy húmedo Tropical (bmh-T) según el Mapa Ecológico; sin embargo para la distribución esperada de dicha Zona de Vida según los datos del presente estudio y con la misma distancia solo se registró el 1.5% de las colectas. Esto ilustra nuevamente la importancia de utilizar datos primarios de mayor resolución para el estudio de distribución de especies y análisis ecológicos.

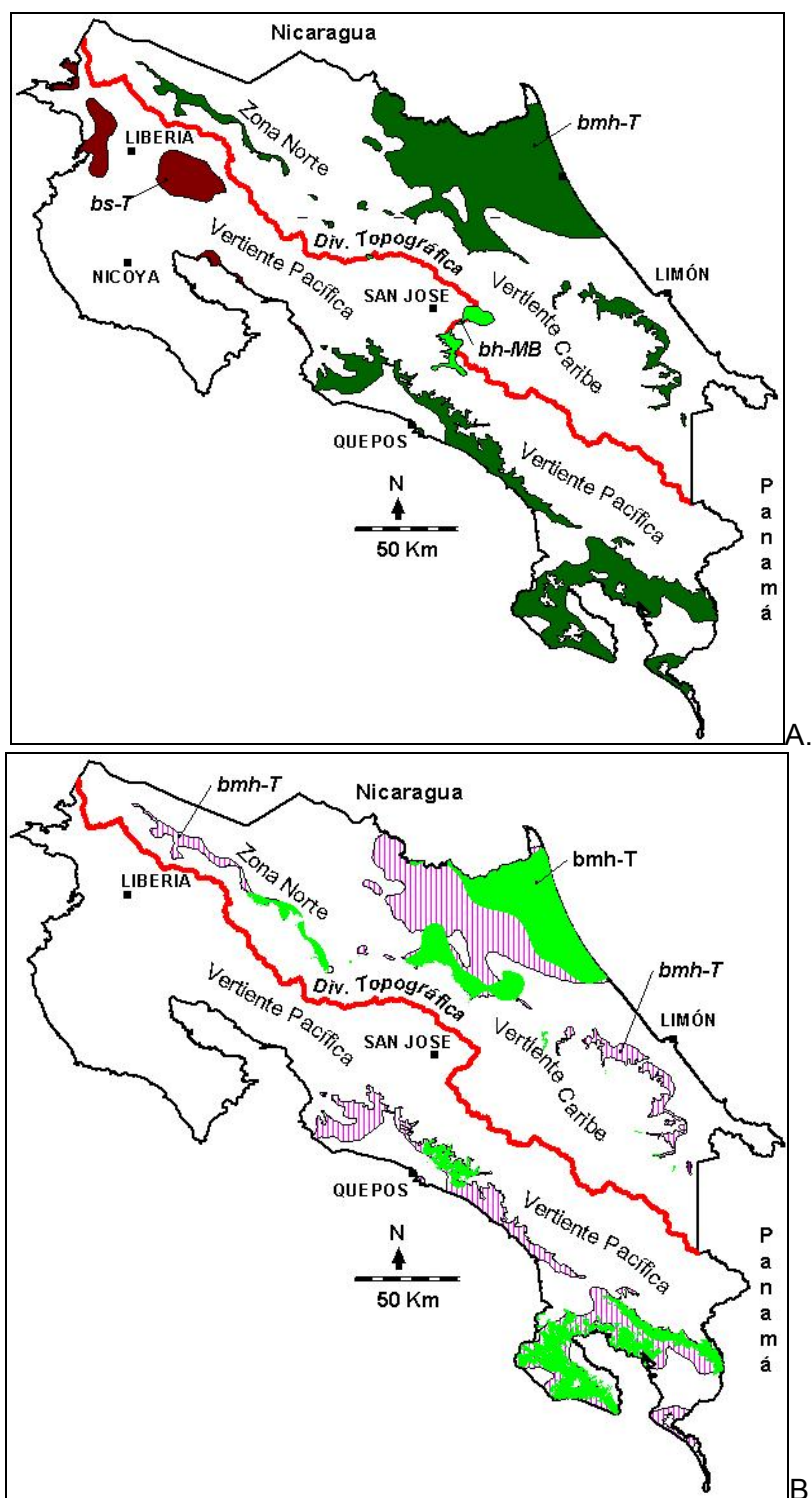


Figura 24: A. Distribución espacial de las Zonas de Vida bosque seco tropical (bs-T), bosque húmedo Montano Bajo (bh-MB) y bosque muy húmedo Tropical (bmh-T) en Costa Rica. Fuente: Versión digital del Mapa Ecológico de Costa Rica escala 1:200000 (Bolaños y Watson, 1993). B. Comparación entre distribución esperada (color verde) del bosque muy húmedo tropical (bmh-T) según los datos del presente estudio y distribución según Mapa Ecológico de Costa Rica escala 1:200 000 (tramado).

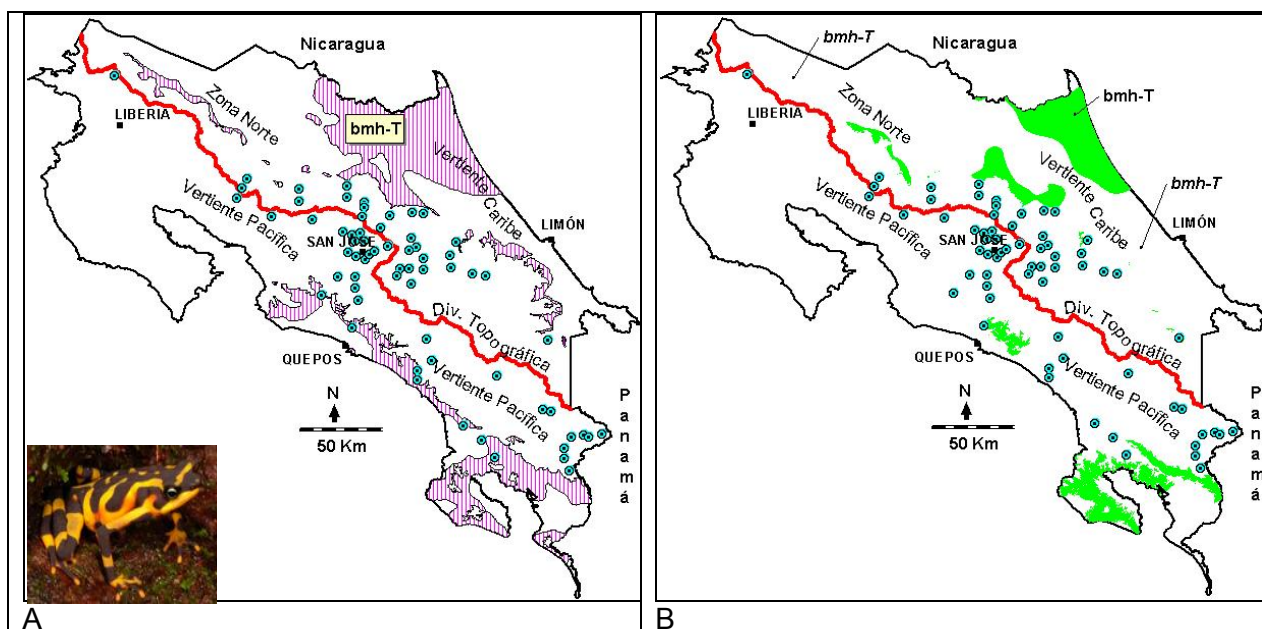


Figura 25: A. Distribución de registros de *Atelopus varius* (rana pintada, sapo pintado, rana arlequín) en Costa Rica y su relación con la Zona de Vida bosque muy húmedo Tropical (bmh-T). A. Según versión digital del Mapa Ecológico de Costa Rica escala 1:200000 (Bolaños y Watson, 1993). B. Según datos del presente estudio. Foto: fuente <http://www.rainmakercostarica.org>

5. Conclusiones

Los métodos y datos de precipitación y temperatura utilizados en el presente trabajo, aun cuando no representan series climáticas de largo plazo ni con una distribución espacial homogénea, permitieron crear superficies confiables tanto de precipitación (media anual y estacional) como de temperatura media anual a nivel nacional. Las superficies pueden utilizarse para caracterizar sitios de estudio, realizar estudios ecológicos e hidrológicos y proyecciones sobre posibles efectos de cambio climático.

6. Referencias

- Arranz, Roberto y McCartney, Matthew . 2007. Application of the Water Evaluation And Planning (WEAP) Model to Assess Future Water Demands and Resources in the Olifants Catchment, South Africa, Working Paper 116, International Water Management Institute (IWMI).
- Bolaños, R. y Watson, V. 1993. Mapa Ecológico de Costa Rica. Centro Científico Tropical. Escala 1:200.000.
- Buckley, Lauren B and Jetz, Walter. 2007. Environmental and historical constraints on global patterns of amphibian richness. *Proc Biol Sci.* 2007 May 7; 274(1614): 1167–1173. Published online 2007 February 27.
- Colwell, T.; K; Brehm, G.; Gardelús, C. L.; Gilman, A. C. y Longino, J. T. 2008. Global warming, elevation range shifts, and lowland biotic attrition in the wet tropics. *Science*. Vol. 322: 258-261.
- Cressie, N.A.C. 1993. Statistics for spatial data. Revised Edition. Wiley Series in probability and Mathematical Statistics. New York, USA. 900p.
- Daly C, Gibson WP, Taylor GH, Johnson GL, Pasteris P. 2002. A knowledge-based approach to the statistical mapping of climate. *Climate Research* 22: 99–113.
- Deborah A. Clark, Sandra Brown, David W. Kicklighter, Jeffrey Q. Chambers, John R. Thomlinson, Jian Ni, Elisabeth A. Holland. 2001. Net primary production in tropical forests: an evaluation and synthesis of existing field data. *Ecological Applications*: Vol. 11, No. 2, pp. 371-384.
- Del Grosso, Stephen, William Parton, Thomas Stohlgren, Daolan Zheng, Dominique Bachelet, Stephen Prince, Kathy Hibbard, Richard Olson. 2008. Global potential net primary production predicted from vegetation class, precipitation, and temperature. *Ecology* 89:8, 2117-2126.
- Di Luzio, M., Srinivasan R., Arnold J.G. 2004. A GIS-Coupled Hydrological Model System for the Watershed Assessment of Agricultural Nonpoint and Point Sources of Pollution. *Transactions in GIS*, 8(1): 113-136.
- ESRI. 1998. Using ArcView Spatial Analyst. Arc View Spatial Analyst, version 1.1. USA.
- FAO. 2001. FAOCLIM 2.0 A World-Wide Agroclimatic Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy.
- Fleischbein, Katrin, Wilcke, Wolfgang, Goller, Rainer, Boy, Jens, Valarezo, Carlos, Zech Wolfgang y Knoblich, Klaus. 2005. Rainfall interception in a lower montane forest in Ecuador: effects of canopy properties. *Hydrol. Process.* 19, 1355–1371.

Golden Software. 2002. Sufer 8. User's Guide. Contouring and 3D Surface Mapping for Scientist and Engineers. Golden Software, Inc. Colorado, USA. 619p. www.goldensoftware.com (consultado 25 julio 2008).

Gómez, I. A. y G. C. Gallopín. 1991. Estimación de la productividad primaria neta de ecosistemas terrestres del mundo en relación a factores ambientales. *Ecología Austral* 1(1): 24-40. Disponible en <http://www.ecologiaaustral.com.ar/files/1-1-5.pdf> Gómez y Gallopín, 1991.

Goodrich, D.C., S. Scott, M. Hernandez, I.S. Burns, L. Levick, A. Cate, W. Kepner, D. Semmens, S. Miller, P. Guertin, 2006. Automated Geospatial Watershed Assessment (AGWA): A GIS-Based Hydrologic Modeling Tool for Watershed Management and Landscape Assessment. In: Proceedings, Third Federal Interagency Hydrologic Modeling Conference, Reno, NV, April 2-6, 2006. http://www.tucson.ars.ag.gov/agwa/docs/pubs/1D_Goodrich.pdf

Gordon, Line J., Steffen, Will, Jönsson, Bror F., Folke, Carl, Falkenmark, Malin and Johannessen, Åse. 2005. Human modification of global water vapor flows from the land surface. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2005 May 24; 102(21): 7612–7617. Published online 2005 May 12.

Grieser, J.: Introduction to geostatistics and the spatial interpolation of agroclimatic and other variables. In: Hoefsloot, P., E. Mukhala and R. Gommès: CM Box User Guide, <http://80.69.76.153/wiki/index.php>

Grieser, J. and R. Gommès, 2004. The Web LocClim. Local Monthly Climate Estimator. <http://www.fao.org/sd/locclim/srv/en/locclim.home>

Grieser, J., R. Gommès and M. Bernardi. 2006. New LocClim – the local climate estimator of FAO. *Geophysical Research Abstracts*, 8. Geophysical Research. Abstracts, Vol. 8, 08305, 2006. SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU06-A-08305.

Groves David G., Debra Knopman, Robert J. Lempert and Sandra H. Berry, Lynne Wainfan. 2008. Presenting Uncertainty About Climate Change to Water-Resource Managers: A Summary of Workshops with the Inland Empire Utilities Agency," Technical Report #505, RAND Corporation. http://www.rand.org/pubs/technical_reports/2008/RAND_TR505.pdf (consultado 25 julio 2008).

Groves, David G., Yates, David y Tebaldi, Claudia. 2008. Developing and applying uncertain global climate change projections for regional water management planning. *Water Resources Research*, 44, W12413.

Guereña, Arantxa, Ruiz-Ramos, Margarita, Díaz-Ambrona, Carlos H. , Conde, José R. y Mínguez, M. Inés. 2001. Assessment of Climate Change and Agriculture in Spain Using Climate Models. *Agronomy Journal* 93:237-249.

Hartkamp AD, De Beurs K, Stein A, White JW. 1999. Interpolation Techniques for Climate Variables, *NRG-GIS Series 99-01*. CIMMYT: Mexico, DF, http://www.cimmyt.org/Research/NRG/pdf/NRGGIS%2099_01.pdf [26 Nov 2008].

Hernando, H. 1988. Balance hídrico de la cuenca del río Poás. Tesis Licenciatura en Geografía Física. Escuela de Ciencias Geográficas. Universidad Nacional. 160p.

Herrera, Wilberth. 1988. Análisis climático de siete variables del balance hídrico aplicado a Costa Rica. Tesis Licenciatura en Geografía Física. Escuela de Ciencias Geográficas. Universidad Nacional. 298p.

Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones and A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978 ([pdf](#)).

Hoff, Holger, Noel, Stacey Noel y Droogers, Peter .2007. Water use and demand in the Tana Basin: analysis using the Water Evaluation and Planning tool (WEAP), Green Water Credits Report 4, ISRIC - World Soil Information, Wageningen.

Holdridge, L. R. 1962. The determination of atmospheric water movements. *Ecology* No1 (43): 1-9.

Holdridge, L. R. Ecología basado en Zonas de Vida. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, San José, Costa Rica. 1978. 216p.

Hsiaoa, Theodore C., Hengb, Lee, Stedutob, Pasquale, Rojas-Laraa, Basilio, Raesc, Dirk y Fereresd, Elias. 2009. AquaCrop—The FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water: III. Parameterization and Testing for Maize. *Agron J* 101:448-459.

Instituto Meteorológico Nacional. Catastro de las series de precipitación medidas en Costa Rica. 1988. 361p.

Instituto Meteorológico Nacional-Ministerio de Agricultura y Ganadería. Mapa de isoyetas de Costa Rica. Versión digital.

Kluge, Jürgen, Kessler, Michael y Dunn, Robert R. 2006. What drives elevational patterns of diversity? A test of geometric constraints, climate and species pool effects for pteridophytes on an elevational gradient in Costa Rica. *Global Ecology and Biogeography*. VL: 15, NO: 4: 358-371.

La Nación. 2008. Producción de granos y ganadería amenazados por sequía en Costa. Sección EL Mundo. 21 mayo 2008.

http://www.nacion.com/ln_ee/2008/mayo/21/latinoamericaya-080521170431.5crd7q3q.html
(consultado 31 julio, 2009).

La Nación. 2008a. Zona Norte tendrá C550 millones para paliar sequía. Sección Económica. 23 mayo 2008. http://www.nacion.com/ln_ee/2008/mayo/23/economia1547777.html
(consultado 31 julio, 2009).

MapWindow-SWAT interface MWSWAT <http://www.brc.tamus.edu/swat/mapwindow.html>
(consultado 28 julio, 2009).

Mena Max. Clima de Costa Rica. Instituto Meteorológico Nacional. <http://www.imn.ac.cr/educacion/clima%20de%20costa%20rica.html>.

McCain, Christy M. 2009. Global analysis of bird elevational diversity. *Global Ecology and Biogeography*. VL: 18, NO: 3: 346-360.

McCain, Christy M. 2004. The mid-domain effect applied to elevational gradients: species richness of small mammals in Costa Rica. *Journal of Biogeography*. VL: 31, NO: 1: 19-31.

Petras, Ivan. 2001. Areal Precipitation Calculation using Thiessen Polygons. Disponible en <http://arcscrips.esri.com>

Pounds J.A, Fogden M.P.L, Campbell J.H. 1999. Biological response to climate change on a tropical mountain. *Nature*. 398:611–615.

Radulovich, Ricardo. 2000. Sequential Cropping as a Function of Water in a Seasonal Tropical Region. *Agronomy Journal* 92:860-867.

Rodríguez, M. Agustín. 1983. Evaluación indirecta de los recursos hídricos en una cuenca. Departamento de Estudios Especiales, Dirección de Planificación Eléctrica. Instituto Costarricense de Electricidad. 50p.

Rojas, E. Oscar. 1985. Estudio Agroclimático de Costa Rica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Proyecto de Agroclimatología. Serie Publicaciones Misceláneas No. 617. San José, Costa Rica. 177p.

Schuol, J., K. C. Abbaspour, H. Yang, R. Srinivasan, and A. J. B. Zehnder. 2008. Modeling blue and green water availability in Africa, *Water Resour. Res.*, 44, W07406. Soil and Water Assessment Tool (SWAT) <http://www.brc.tamus.edu/swat/> (consultado 28 julio, 2008).

Schuur, E. A. G. 2003. Productivity and global climate revisited: the sensitivity of tropical forest growth to precipitation. *Ecology* 84(5):1165-1170.

Soil and Water Assessment Tool (SWAT) 2000 User Manual. <http://www.epa.gov/waterscience/basins/b3docs/swat2000/swat2000.zip> (consultado 28 julio, 2008)

Soil and Water Assessment Tool AVSWAT (ArcView SWAT). <http://www.brc.tamus.edu/swat/avswat.html> (consultado 28 julio, 2008).

Taikan Oki and Shinjiro Kanae. 2006. Global Hydrologic Cycle and World Water Resources, *Science*, Vol. 313. no. 5790, pp. 1068-1072, 2006. Science.1128845.

The MapWindow/SWAT interface tool. <http://www.waterbase.org/> (consultado 28 julio, 2008).

TOPOG. Physically-based, distributed parameter, catchment hydrological model. <http://www.per.clw.csiro.au/topog/>

Yangjian Zhang, Ming Xu, Hua Chen, Jonathan Adams. 2009. Global pattern of NPP to GPP ratio derived from MODIS data: effects of ecosystem type, geographical location and climate. *Global Ecology and Biogeography*. Vol: 18, NO: 3: 280-290.

WEAP (Sistema de "Water Evaluation And Planning") es una amigable herramienta computacional que provee un enfoque integral a la planificación de los recursos hídricos. <http://www.weap21.org/indexesp.asp> (consultado 28 julio, 2008).

Ziska, Lewis H., Namuco, Offie, Moya, Toti y Quilang, Jimmy. 1997. Growth and Yield Response of field-grown Tropical Rice to Increasing Carbon Dioxide and Air Temperature. Agron. J. 89: 45-53.

Zárate, E. 1976. Principales sistemas de viento que afectan a Costa Rica y sus relaciones con la precipitación. Tesis de Licenciatura. Escuela de Física. Universidad de Costa Rica.

7. Metadatos

Nombre de la geobase de datos: CR_GeoCLIMA

1. Descripción:

En el presente trabajo se utilizaron 539 datos de lluvia media anual y estacional así como 80 registros de temperatura media anual para crear superficies de precipitación y temperatura a nivel nacional. Los datos de precipitación y temperatura utilizados corresponden en su mayoría al periodo 1960-85 y por lo tanto los mapas reflejan las condiciones climáticas de dicho periodo.

Las superficies de precipitación fueron creadas utilizando polígonos de Thiessen (Petras, 2001) y el interpolador Kriging Universal del programa Surfer (Golden Software, 2002). Los mapas de temperatura fueron creados a partir de una regresión por vertiente de temperatura en función de elevación (msnm) y un modelo digital de elevación con una resolución equivalente a escala 1:50.000.

2. Formatos de los archivos y sistema de coordenadas

Los formatos de los archivos son los siguientes:

“Shapes” y “GRID” de la compañía ESRI (www.esri.com)

ASCII: Archivos GRID exportados como ASCII. El formato de estos archivos es el siguiente.

ncols	1861	No. Columnas en el archivo
nrows	1759	No. Filas en el archivo
xllcorner	323010.3	coordenada X del centro de la celda de la celda inferior izquierda
yllcorner	3834.4	coordenada Y del centro de la celda de la celda inferior izquierda
cellsize	200	Tamaño de la celda en metros
NODATA_value	-9999	Valor para no datos
255 255 255 255 255 255 255 255...		valores
255 255 255 255 255 255 255 255...		valores

El sistema de coordenadas utilizado es Lambert Norte, datum Ocotepeque. Los autores agradecen al personal de la Universidad de Florida-USA por proveer una copia digital de los datos publicados por el Instituto Meteorológico de Costa Rica hasta 1988 y al INETER de Nicaragua por suministrar datos de sus estaciones meteorológicas limítrofes con Costa Rica.

Proyección Lambert Costa Rica Norte	
Proyección:	Lambert Conformal Cónica
Unidades:	metros
Esferoide:	Clarke 1866
Datum:	Ocotepeque
Parámetros cuadrícula Lamber Norte	
Primer paralelo (sur):	9° 56' N (9.933334)
Segundo paralelo (norte):	11° 00' N (11.00000)
Meridiano central:	84° 20' W (-84.333334)
Latitud de origen de la proyección:	10° 28' N (10.466667)
Falso este:	500 000 metros
Falso norte:	271820.522 metros
Factor de escala en origen	0.99995696

3. Autores: Jorge Fallas, Carmen Valverde

4. Fecha de publicación: 2009

5. Institución: Escuela de Ciencias Ambientales (www.ambientales.una.ac.cr), Universidad Nacional, Costa Rica (www.una.ac.cr).

6. Contacto: Jorge Fallas, jfallas56@gmail.com

7. Restricciones de uso: Ninguna. Los datos pueden distribuirse libremente a terceros.

8. Descargo: El material fue preparado con fines académicos y como un apoyo a la investigación en medio ambiente y por tanto ni los autores ni la Universidad Nacional, incluida la Escuela de Ciencias Ambientales asumen ninguna responsabilidad por errores, omisiones ó interpretaciones derivadas de los mismos.

9. Actualizaciones: No programadas.

10. Citar los datos de la siguiente manera:

Fallas, Jorge y Valverde, Carmen. 2009. Costa Rica: mapas de precipitación media anual-estacional, meses secos y temperatura media anual. GeoAmbiente. Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 44p.

Capas de Geodatos Vectoriales																													
Nombre	Descripción																												
cr_marco_50k.shp.	Perímetro de Costa Rica delineado de mapas 1:50.000 del IGN. <table> <tr> <td>Shape</td><td>Geometría</td></tr> <tr> <td>Perimeter</td><td>Perímetro (m)</td></tr> <tr> <td>Hectares</td><td>Área (Has)</td></tr> <tr> <td>AreaSqkm</td><td>Área (Km²)</td></tr> </table>	Shape	Geometría	Perimeter	Perímetro (m)	Hectares	Área (Has)	AreaSqkm	Área (Km ²)																				
Shape	Geometría																												
Perimeter	Perímetro (m)																												
Hectares	Área (Has)																												
AreaSqkm	Área (Km ²)																												
Pt_mes_estacional.shp	Datos de precipitación para 539 localidades: Datos representan condiciones de 1960-85. <table> <tr> <td>Shape</td><td>Geometría</td></tr> <tr> <td>Nombre</td><td>Nombre de la estación</td></tr> <tr> <td>Sub_vertie</td><td>Nombre de sub vertiente0</td></tr> <tr> <td>P_anual_mm</td><td>Pt media anual (mm)</td></tr> <tr> <td>Dic_ab_mm</td><td>Pt media diciembre-abril (mm)</td></tr> <tr> <td>Dic_abr_%</td><td>Pt media diciembre-abril (%)</td></tr> <tr> <td>M_secos</td><td>Meses con menos de 75 mm</td></tr> <tr> <td>P_may_nov_mm</td><td>Pt media mayo-noviembre (mm)</td></tr> <tr> <td>P_may_nov_%</td><td>Pt media mayo-noviembre (%)</td></tr> </table>	Shape	Geometría	Nombre	Nombre de la estación	Sub_vertie	Nombre de sub vertiente0	P_anual_mm	Pt media anual (mm)	Dic_ab_mm	Pt media diciembre-abril (mm)	Dic_abr_%	Pt media diciembre-abril (%)	M_secos	Meses con menos de 75 mm	P_may_nov_mm	Pt media mayo-noviembre (mm)	P_may_nov_%	Pt media mayo-noviembre (%)										
Shape	Geometría																												
Nombre	Nombre de la estación																												
Sub_vertie	Nombre de sub vertiente0																												
P_anual_mm	Pt media anual (mm)																												
Dic_ab_mm	Pt media diciembre-abril (mm)																												
Dic_abr_%	Pt media diciembre-abril (%)																												
M_secos	Meses con menos de 75 mm																												
P_may_nov_mm	Pt media mayo-noviembre (mm)																												
P_may_nov_%	Pt media mayo-noviembre (%)																												
datos_temperatura.shp	Datos de temperatura para 80 localidades. Datos representan condiciones de 1960-85. <table> <tr> <td>Shape</td><td>Geometría</td></tr> <tr> <td>codigo</td><td>Código de estación</td></tr> <tr> <td>estacion</td><td>Nombre estación</td></tr> <tr> <td>elev_med50</td><td>Elevación media polígono (m)</td></tr> <tr> <td>Temp_m_anu</td><td>Temp. Media anual (°C)</td></tr> <tr> <td>Subvertien</td><td>Subvertiente</td></tr> <tr> <td>sub_id</td><td>Identificador subvertiente</td></tr> <tr> <td>vertiente</td><td>Vertiente</td></tr> <tr> <td>ver_id</td><td>Identificador vertiente</td></tr> <tr> <td>X_Coord</td><td>Coordenada Este</td></tr> <tr> <td>Y_Coord</td><td>Coordenada Norte</td></tr> <tr> <td>Error_regr</td><td>Error estimado de regresión</td></tr> <tr> <td>errorgrid</td><td>Error estimado de GRID</td></tr> <tr> <td>TMedia_grid</td><td>Temp. Media anual de GRID (°C)</td></tr> </table> Notas: GRID corresponde al archivo Tmedia Fuente datos de temperatura media anual de Rojas (1985); datos en línea del IMN y New_LocClim , FAO 2005	Shape	Geometría	codigo	Código de estación	estacion	Nombre estación	elev_med50	Elevación media polígono (m)	Temp_m_anu	Temp. Media anual (°C)	Subvertien	Subvertiente	sub_id	Identificador subvertiente	vertiente	Vertiente	ver_id	Identificador vertiente	X_Coord	Coordenada Este	Y_Coord	Coordenada Norte	Error_regr	Error estimado de regresión	errorgrid	Error estimado de GRID	TMedia_grid	Temp. Media anual de GRID (°C)
Shape	Geometría																												
codigo	Código de estación																												
estacion	Nombre estación																												
elev_med50	Elevación media polígono (m)																												
Temp_m_anu	Temp. Media anual (°C)																												
Subvertien	Subvertiente																												
sub_id	Identificador subvertiente																												
vertiente	Vertiente																												
ver_id	Identificador vertiente																												
X_Coord	Coordenada Este																												
Y_Coord	Coordenada Norte																												
Error_regr	Error estimado de regresión																												
errorgrid	Error estimado de GRID																												
TMedia_grid	Temp. Media anual de GRID (°C)																												

Nombre	Descripción																														
Thiessen_clima.shp	Polígonos de Thiessen para precipitación anual y estacional, temperatura media anual (°C) y elevación (msnm). Datos representan condiciones de 1960-85. Software ArcView Gis y extensión de Petras (2001). <table> <tr> <td>Shape</td><td>Geometría</td></tr> <tr> <td>RecNo</td><td>No. Registro</td></tr> <tr> <td>Pt_anual_m</td><td>Precipitación media anual (mm)</td></tr> <tr> <td>Weight</td><td>Ponderación (Área polígono/Área total)</td></tr> <tr> <td>Hectares</td><td>Área (Has)</td></tr> <tr> <td>P_May_Nov_mm</td><td>Precipitación media Mayo-Nov (mm)</td></tr> <tr> <td>P_May_Nov_%</td><td>Precipitación media Mayo-Nov (%)</td></tr> <tr> <td>P_Dic_Abr_mm</td><td>Precipitación media Dic-Abril (mm)</td></tr> <tr> <td>Pt_Dic_Abr_%</td><td>Precipitación media Dic-Abril (%)</td></tr> <tr> <td>M_secos</td><td>Meses menos 75 mm</td></tr> <tr> <td>Elev_Mediana</td><td>Elevación mediana del polígono (msnm)</td></tr> <tr> <td>Pend_Mediana_%</td><td>Pendiente mediana del polígono (%)</td></tr> <tr> <td>Pend_media_%</td><td>Pendiente media del polígono (%)</td></tr> <tr> <td>Elev_media_m</td><td>Elevación media del polígono (msnm)</td></tr> <tr> <td>Elev_Std_m</td><td>Desv. Estándar elevación (msnm)</td></tr> </table> Notas: T. Media anual (°C) estimado de archivo Tmedia Elevación media polígono estimado de archivo Med100 Precipitación media (mm). Corresponde a la Pt media de la estación.	Shape	Geometría	RecNo	No. Registro	Pt_anual_m	Precipitación media anual (mm)	Weight	Ponderación (Área polígono/Área total)	Hectares	Área (Has)	P_May_Nov_mm	Precipitación media Mayo-Nov (mm)	P_May_Nov_%	Precipitación media Mayo-Nov (%)	P_Dic_Abr_mm	Precipitación media Dic-Abril (mm)	Pt_Dic_Abr_%	Precipitación media Dic-Abril (%)	M_secos	Meses menos 75 mm	Elev_Mediana	Elevación mediana del polígono (msnm)	Pend_Mediana_%	Pendiente mediana del polígono (%)	Pend_media_%	Pendiente media del polígono (%)	Elev_media_m	Elevación media del polígono (msnm)	Elev_Std_m	Desv. Estándar elevación (msnm)
Shape	Geometría																														
RecNo	No. Registro																														
Pt_anual_m	Precipitación media anual (mm)																														
Weight	Ponderación (Área polígono/Área total)																														
Hectares	Área (Has)																														
P_May_Nov_mm	Precipitación media Mayo-Nov (mm)																														
P_May_Nov_%	Precipitación media Mayo-Nov (%)																														
P_Dic_Abr_mm	Precipitación media Dic-Abril (mm)																														
Pt_Dic_Abr_%	Precipitación media Dic-Abril (%)																														
M_secos	Meses menos 75 mm																														
Elev_Mediana	Elevación mediana del polígono (msnm)																														
Pend_Mediana_%	Pendiente mediana del polígono (%)																														
Pend_media_%	Pendiente media del polígono (%)																														
Elev_media_m	Elevación media del polígono (msnm)																														
Elev_Std_m	Desv. Estándar elevación (msnm)																														
M_secos.shp.	Mapa de meses secos (menos de 75 mm mensuales). Datos representan condiciones de 1960-85. Método de interpolación Kriging Universal. Software Surfer 8.0. <table> <tr> <td>Shape</td><td>Geometría</td></tr> <tr> <td>M_secos</td><td>Meses secos</td></tr> <tr> <td>Areasqkm</td><td>Área Km²</td></tr> </table>	Shape	Geometría	M_secos	Meses secos	Areasqkm	Área Km ²																								
Shape	Geometría																														
M_secos	Meses secos																														
Areasqkm	Área Km ²																														
pt_anual.shp	Isoyetas de precipitación (mm) media anual. Datos representan condiciones de 1960-85. Método de interpolación Kriging Universal. Software Surfer 8.0. <table> <tr> <td>Shape</td><td>Geometría</td></tr> <tr> <td>Pt_anual_m</td><td>Precipitación (mm) media anual</td></tr> <tr> <td>LengthKm</td><td>Longitud Km</td></tr> </table>	Shape	Geometría	Pt_anual_m	Precipitación (mm) media anual	LengthKm	Longitud Km																								
Shape	Geometría																														
Pt_anual_m	Precipitación (mm) media anual																														
LengthKm	Longitud Km																														
pt_dic_abr.shp	Isoyetas de precipitación (mm) diciembre-abril. Datos representan condiciones de 1960-85. Método de interpolación Kriging Universal. Software Surfer 8.0. <table> <tr> <td>Shape</td><td>Geometría</td></tr> <tr> <td>Pt_dic_abr</td><td>Precipitación (mm) media dic-abril</td></tr> </table>	Shape	Geometría	Pt_dic_abr	Precipitación (mm) media dic-abril																										
Shape	Geometría																														
Pt_dic_abr	Precipitación (mm) media dic-abril																														

Nombre	Descripción
Pt_may_nov.shp	Isoyetas de precipitación (mm) mayo-noviembre. Datos representan condiciones de 1960-85. Método de interpolación Kriging Universal. Software Surfer 8.0. Shape Geometría Pt_may_nov Precipitación media (mm) mayo-noviembre

Capas de Geodatos Raster	
Nombre	Descripción
Med100m	Modelo de elevación digital (msnm). Resolución celda 100 m. Remuestreo de archivo original con una resolución de 50 m y equivalente a cartografía escala 1:50.000 con curvas de nivel cada 20 m. CellSize: 100 Rows: 3518 Cols: 3723 Left: 323010.2748 Right: 695310.2748 Bottom: 3834.3607 Top: 355634.3607 Type: Integer Status: Permanent Comments: Modelo de elevacion digital m Value Elevación msnm Count frecuencia
Shd100m	Sombreado del terreno del archivo Med100m. Resolución 100 m. CellSize: 100 Rows: 3518 Cols: 3723 Left: 323010.2748 Right: 695310.2748 Bottom: 3834.3607 Top: 355634.3607 Type: Integer Status: Permanent Comments: sombreado del terreno de Med100m, Value valor Count Frecuencia
vert	Vertientes (Caribe-Zona Norte y Pacífico). Resolución 50 m. CellSize: 50 Rows: 7035 Cols: 7446 Left: 323010.2748 Right: 695310.2748 Bottom: 3834.3607 Top: 355584.3607 Type: Integer Status: Permanent Comments: Value Valor Count Frecuencia Vertiente Vertiente (1 Caribe, 2 Pacífico)

Nombre	Descripción
Tempera	Temperatura media anual (°C). Valores codificados. Dividir entre 10 para obtener temperatura media anual en decimales. Resolución celda 200 m. Temperatura estimada a partir de las siguientes ecuaciones de regresión y un modelo digital de elevación con una resolución de 50 m y equivalente a una escala 1:50.000. Vertiente Pacífica: $-0.0061 * \text{Elev (msnm)} + 27.598$ Vertiente Caribe-Zona Norte: $-0.0057 * \text{Elev (msnm)} + 26.253$ CellSize: 200 Rows: 1759 Cols: 1861 Left: 323010.2748 Right: 695210.2748 Bottom: 3834.3607 Top: 355634.3607 Type: Integer Status: Permanent Comments: Temperatura media anual codificada (Temperatura *10) Value Temperatura*10 Count Frecuencia
Piso_termico	Pisos térmicos. Resolución celda 100 m. Elaborado a partir del archivo tempera (°C). CellSize: 100 Rows: 3518 Cols: 3723 Left: 323010.2748 Right: 695310.2748 Bottom: 3834.3607 Top: 355634.3607 Type: Integer Status: Permanent Comments: Pisos Térmicos Value Código Count Frecuencia Med100m Elevación msnm de archivo Med100 Tempe Temperatura media anual °C de archivo Tmedia Piso_termico Piso térmico Vertiente Nombre de la vertiente Vert_id Código de la vertiente

Nombre	Descripción
E_t_vert	Elevación (msnm), temperatura media anual (°C) y vertientes. Resolución celda 100 m. Combinación de archivos Vert, Tempera y Med100m. CellSize: 100 Rows 3518 Cols 3723 Left: 323010.2748 Right: 695310.2748 Bottom: 3834.3607 Top: 355634.3607 Type: Integer Status: Permanent Comments: Elevacion, temperatura media anual y vertientes Value Código Count Frecuencia Vert_id Código de la vertiente Vertiente Nombre de la vertiente Med100m Elevación (msnm) de archivo Med100 T_m_anual Temperatura media anual °C del archivo Tmedia ETP Evapotranspiración Potencial según fórmula de Holdridge ETP= 58.93*biotemperatura °C
Ptanual	Precipitación media anual (mm). Resolución 200 m. Datos representan condiciones de 1960-85. Método de interpolación Kriging Universal. Software Surfer 8.0. CellSize: 200.003 Rows 1759 Cols 1861 Left: 323010.2748 Right: 695215.8578 Bottom: 3834.3607 Top: 355639.6377 Type: Integer Status: Permanent Comments: Precipitación media anual (mm) Value Precipitación media (mm) Count Frecuencia
p_may_nov	Precipitación media para el periodo mayo-noviembre (mm). Resolución 200 m. Datos representan condiciones de 1960-85. Método de interpolación Kriging Universal. Software Surfer 8.0. CellSize: 200.003 Rows 1759 Cols 1861 Left: 323010.2748 Right: 695215.8578 Bottom: 3834.3607 Top: 355639.6377 Type: Integer Status: Permanent Comments: Precipitación media mayo-noviembre (mm) Value Precipitación media periodo mayo-noviembre (mm) Count Frecuencia

Nombre	Descripción
p_dic_abr	Precipitación media para el periodo diciembre-abril (mm). Resolución 200 m. Datos representan condiciones de 1960-85. Método de interpolación Kriging Universal. Software Surfer 8.0. CellSize: 200.003 Rows: 1759 Cols: 1861 Left: 323010.2748 Right: 695215.8578 Bottom: 3834.3607 Top: 355639.6377 Type: Integer Status: Permanent Comments: Precipitación media diciembre-abril (mm) Value Precipitación media periodo diciembre-abril (mm) Count Frecuencia
Pt_tempe	Combinación de precipitación y temperatura Value Valor Count Frecuencia Ptkrig Precipitación media anual del archivo Ptanual Tempera Temperatura media anual codificada del archivo Tempera CellSize: 200 Rows: 1759 Cols: 1861 Left: 323010.2748 Right: 695210.2748 Bottom: 3834.3607 Top: 355634.3607 Type: Integer Status: Permanent Comments: Combinación de Pt media anual y Temp. media anual

Capas de Geodatos ASCII	
Nombre	Descripción
e_t_vert.asc med100m.asc pt_anual.asc p_dic_abr.asc p_may_nov.asc tempera.asc piso_termico.asc pt_tempe.asc shd100.asc vert.asc	Elevación, temperatura, vertientes Modelo digital de elevación (msnm) Precipitación media anual (mm) Precipitación media diciembre-abril (mm) Precipitación media mayo-noviembre (mm) Temperatura media anual codificada (Temperatura *10) Pisos térmicos Precipitación media anual (mm) y Temperatura media anual (°C) Sombreado del terreno de med100m Vertientes, Caribe-Pacífico

Referencias

Bolaños, R. y Watson, V. 1993. Mapa ecológico de Costa Rica. Sistema de Clasificación de Zonas de Vida de Holdridge. Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica. Escala 1:200.000.

FAO. 2001. FAOCLIM 2.0 A World-Wide Agroclimatic Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy.

Golden Software. 2002. Sufer 8. User's Guide. Contouring and 3D Surface Mapping for Scientist and Engineers. Golden Software, Inc. Colorado, USA. 619p. www.goldensoftware.com (consultado 25 julio 2008).

Grieser, J. and R. Gommers, 2004. The Web LocClim. Local Monthly Climate Estimator. <http://www.fao.org/sd/locclim/srv/en/locclim.home>

Grieser, J., R. Gommers and M. Bernardi. 2006. New LocClim – the local climate estimator of FAO. Geophysical Research Abstract, 8. Geophysical Research. Abstracts, Vol. 8, 08305, 2006. SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU06-A-08305.

Holdridge, L. R. Ecología basado en Zonas de Vida. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, San José, Costa Rica. 1978. 216p.

Instituto Meteorológico Nacional. Catastro de las series de precipitación medidas en Costa Rica. 1988. 361p.

Instituto Meteorológico Nacional-Ministerio de Agricultura y Ganadería. Mapa de isoyetas de Costa Rica. Versión digital.

Petras, Ivan. 2001. Areal Precipitation Calculation using Thiessen Polygons. Disponible en <http://arcsripts.esri.com>

Rojas, E. Oscar. 1985. Estudio Agroclimático de Costa Rica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Proyecto de Agroclimatología. Serie Publicaciones Misceláneas No. 617. San José, Costa Rica. 177p.