ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

"VALIDACIÓN DE TRES PRODUCTOS DE PRECIPITACIÓN EN LA COSTA ECUATORIANA"

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del título de:

OCEANÓGRAFO

Presentado por:

JONATHAN MARCELO CEDEÑO OVIEDO

Guayaquil, Ecuador

2008

A G R A D E C I M I E N T O S

El continuo e incansable apoyo de la Dra. Pilar Cornejo, mi directora de tesis, durante toda mi trayectoria como estudiante, me permitió conocer de cerca la oceanografía con toda la rigurosidad científica posible que sólo lo conocen aquellos oceanógrafos que, como ella, lo viven de cerca. Muchas gracias Doc. por todas sus enseñanzas; y de cara al reto que CADS[+] plantea, sabremos salir adelante.

Gracias también a mis amigos de promoción, Ma. Auxiliadora, Karina (FWO), Andrés y Laura, por no dejar que una tesis tan larga y complicada como ésta abrume el tiempo que tomó hacerla.

Un reconocimiento especial a todos los buenos amigos que de alguna u otra manera estuvieron involucrados en el desarrollo de esta tesis, los cuales siempre me alentaron a terminarla en el momento preciso; en especial a los que conforman el Laboratorio de Oceanografía del Instituto Nacional de Pesca: Telmo, Patricia, Jeannete y Ana. Todos ellos no sólo han sido una constante inspiración en el plano profesional; la ética con que llevan vuestras vidas es un digno ejemplo a imitar.

Agradezco por último a Michele, quien con su energía me llevó a terminar invariablemente esta tesis, y por permitirme buscar nuevos rumbos juntos.

[+] Con el soporte del Proyecto 4 “Sistemas de Manejo Ambiental en Agricultura y Acuicultura” del Programa VLIR-ESPOL, y la Escuela Superior Politécnica del Litoral ESPOL. Provisión parcial de datos gracias al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI

D E D I C A T O R I A

A mis padres: Dolores

Oviedo y Jorge Cedeño.

T R I B U N A L   D E   G R A D U A C I Ó N

Ing. Héctor Ayón
PRESIDENTE

Ph.D. M. Pilar Cornejo R.
DIRECTORA DE TESIS

Ph.D. José L. Santos
VOCAL

M.Sc. Francisco Medina
VOCAL

D E C L A R A C I Ó N E X P R E S A

"La responsabilidad del contenido de esta tesis de grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de exámenes y títulos profesionales de la ESPOL)

Jonathan Cedeño Oviedo

Jonathan Marcelo Cedeño Oviedo

R E S U M E N

Tres productos de precipitación con cobertura global han sido analizados para la zona costera ecuatoriana (bajo los 1350 msnm), durante el período 1964-1994, para evaluar su comportamiento y consistencia, en adición a su respuesta al ciclo estacional gobernante. Los productos de precipitación evaluados son: CRU (Climate Research Unit, University of East Anglia), GPCC (Global Precipitation Climatology Centre, Deutscher Wetterdienst), y UDEL (University of Delaware), interpolados a una grilla regular de 0.25º. El conjunto de datos de referencia escogido (INAMHI12k) fue construido a partir del registro de 51 pluviómetros localizados en estaciones meteorológicas del litoral ecuatoriano, interpolados a una grilla de 0.25º.

El análisis se fundamenta, principalmente, en comparaciones del ciclo anual y de los totales anuales de precipitación de los conjuntos de datos por zonas de precipitación homogénea en la costa previamente definidas, usando análisis de sesgo, sesgo/error y correlación. Adicionalmente se ejecutó el test de Kruskal-Wallis sobre cada punto de grilla para evaluar las diferencias estadísticas entre esos productos y el conjunto de datos de referencia.

De forma general, los tres productos reproducen consistentemente el ciclo anual costero, sin embargo, de las comparaciones estadísticas se puede concluir que el producto GPCC es el que mejor se ajusta al régimen de precipitación observado. Además, aún cuando los tres productos de

precipitación usados en este estudio son comúnmente basados en datos de precipitación provistos por los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos alrededor del mundo, el sistema de asimilación y procesamiento de datos (que incluyen los procesos de interpolación) podrían explicar las diferencias encontradas entre los productos.

Í N D I C E   G E N E R A L

Pág.

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS*

* Todas las figuras fueron elaboradas en MATLAB en exclusiva para el presente estudio

ÍNDICE DE ANEXOS

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ADW	Distancia Angular Ponderada (Angular Distance Weighted)
ANOVA	Análisis de Varianza (Analysis of Variance)
ASCII	Código Estándar Americano para el Intercambio de Información (American Standard Code for Information Interchange)
CAI	Interpolación Asistida por Climatología (Climatologically Aided Interpolation)
ENOS	El Niño-Oscilación del Sur
FAR	Tasa de Falsa Alarma (False Alarm Rate)
GCM	Modelo de Circulación Global (Global Circulation Model)
IIR	Respuesta de Impulso Infinita (Infinite Impulse Response)
MDT	Modelo Digital de Terreno
MCR	Modelo de Circulación Regional
NaN	Valor no Numérico (Not a Number)
PMF	*F*-test de penalización máxima (Penalized Maximal F-Test)
PMT	*t*-test de penalización máxima (Penalized Maximal t-Test)
SNHT	Test de Homogeneidad Normal Estándar (Standard Normal Homogeneity Test)
TS	Series de Tiempo (Time-Series)

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

CEDEGE	Comisión de Estudios para el Desarrollo de la Cuenca del Río Guayas
CRM	Corporación Reguladora de Manejo Hídrico de Manabí
CRU	Unidad de Investigación del Clima de la Universidad de East Anglia (Climate Research Unit, University of East Anglia)
CAM	Modelo Comunitario de la Atmósfera (Community Atmosphere Model)
DGAC	Dirección General de Aviación Civil
DMSP	Programa de Satélites Meteorológicas de Defensa (Defense Meteorological Satellite Program)
DWD	Servicio Meteorológico Alemán (Deutscher Wetterdienst)
ECHAM	Modelo ECMWF Hamburgo (Hamburg ECMWF Model)
ECMWF	Centro Europeo de Pronóstico de Tiempo Medio (European Centre of Medium Weather Forecast)
ERA-40	Reanálisis Europeo de 40 años (European Reanalysis of 40 years)
EUMETSAT	Organización Europea para la Exploración de Satélites Meteorológicas (European Organization for the Exploitation of Meteorological Satellites)
FAE	Fuerza Aérea Ecuatoriana

FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (Food and Agriculture Organization)
GEWEX	Experimento de Energía Global y del Ciclo del Agua (Global Energy and Water Cycle Experiment)
GHCN	Red Climatológica Histórica Global (Global Historical Climatology Network)
GOES	Satélite Operacional Ambiental Geoestacionario (Geostationary Operacional Environmental Satellite)
GPCC	Centro de Climatología de Precipitación Global (Global Precipitation Climatology Centre)
GTS	Servicio Global de Telecomunicaciones (Global Telecommunication Service)
IAI	Instituto Inter-Americano (Inter-American Institute)
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INOCAR	Instituto Oceanográfico de la Armada
IPWG	Grupo Internacional de Trabajo en Precipitación (International Precipitation Working Group)
MCDW	Datos Climáticos Mensuales para el Mundo (Monthly Climatic Data for the World)
METEOSAT	Plataforma Geoestacionaria EUMETSAT (EUMETSAT Geostationary Platforms)

MM5	Modelo de Mesoescala de 5^{ta} Generación (Mesoscale Model 5th Generation)
MTSAT	Satélite de Transporte Multi-funcional (Multi-functional Transport Satellite)
NCAR	Centro Nacional de Investigación Atmosférica (National Center for Atmospheric Research)
NCEP	Centro Nacional de Predicción Medio-ambiental (National Centers for Environmental Prediction)
NOAA	Administración Nacional del Océano y la Atmósfera (National Oceanic and Atmospheric Administration)
ORSTOM	Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación (L'Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération)
PRECIS	Sistema de Modelaje Climático Regional PRECIS (The PRECIS Regional Climate Modelling System)
PREDESUR	Programa Regional para el Desarrollo del Sur
PRISM	Modelo de Regresión de Parámetro-Elevación en Pendientes Independientes (Parameter-Elevation Regressions on Independent Slopes Model)
TRMM	Misión para la Medición de Lluvia Tropical (Tropical Rainfall Measuring Misión)
UDEL	Universidad de Delaware (University of Delaware)

WCRP Programa Mundial de Investigación del Clima (World Climate Research Program)

WMO Organización Meteorológica Mundial (World Meteorological Organization)

WRF Modelo de Investigación del Tiempo y Pronóstico (The Weather Research & Forecasting Model)

INTRODUCCION

El interés en los análisis de precipitación de largo término proviene de la necesidad de evaluar la disponibilidad de recursos de agua dulce y su manejo relacionado a uso de suelo, agricultura e hidrología, incluyendo la reducción de riesgo por inundaciones y deslaves; a más de otros intereses científicos como cambio climático y su impacto en todas las escalas espaciales; pero ello a veces se ve limitado por la disponibilidad de series de tiempo de 30 años o de mayor duración, lo cual representa el mínimo requerido para estudios climatológicos. Basados en estas necesidades, organizaciones nacionales e internacionales comenzaron una gran variedad de programas de investigación, monitoreo climático y modelaje, incluyendo reanálisis y construcción de conjuntos de datos que, utilizando datos observados a través de diversas técnicas de asimilación e interpolación, obtienen como “productos” series de tiempo de cerca de 40 años de duración.

Sin embargo, gran parte de estos estudios no han sido apropiadamente validados para regiones que cubran normalmente un país, y muchos de estos estudios se centran en validaciones de regiones continentales, y que están sometidas a diversos regímenes. El trabajo más relevante en el contexto global, y a manera de resumen de los principales trabajos desarrollados, fue hecho por Gruber y Levizzani (2008), quienes realizaron un reporte técnico sobre la evaluación de productos de precipitación globales, por encargo del Programa Mundial de Investigación del Clima WCRP (World Climate Research Program), que incluye el estudio de diversas fuentes de datos basados en registros pluviométricos en tierra y mar, así como estimados satelitales. Similar al trabajo propuesto aquí, Gómez (2004) evaluó una de las versiones tempranas del producto de precipitación de la Unidad de Investigación del Clima de la Universidad de East Anglia CRU (Climate Research Unit, University of East Anglia) en contraste con datos de precipitación observados para España. Bajo otra perspectiva, Bosilovich *et al.* (2005) evaluaron varios productos de precipitación provenientes de reanálisis, con una metodología de evaluación que se convierte en la base del análisis de esta tesis.

Dado estos antecedentes, el principal objetivo de este estudio es validar tres productos de precipitación, evaluando su desempeño con respecto al régimen de lluvias observado en la costa ecuatoriana.

En el primer capítulo se describen los productos de precipitación escogidos para la validación, sus características, control de calidad y procesos de interpolación.

En el segundo capítulo se definen el conjunto de datos patrón, el proceso de homogeneización, interpolación y validación, que permiten en su conjunto obtener un producto que reproduzca de manera fidedigna el campo de precipitación observado.

El tercer capítulo trata la metodología de comparación, que incluye el esquema de análisis, las zonas pluviométricas definidas previamente por Rossel *et al.* (1998), el tipo de filtro usado para remover las señales estacionales e interanuales, así como el test estadístico empleado para encontrar diferencias estadísticamente significantes.

En el capítulo cuarto se analizan los resultados mediante un análisis espacial (por punto de grilla para toda la costa), y regional (por zonas pluviométricas); que incluye la ejecución del test no-paramétrico de Kruskal-Wallis, y del estudio del ciclo anual, totales anuales y por totales anuales durante eventos ENOS (El Niño-Oscilación del Sur).

En el capítulo quinto se analizan las potencialidades de uso de productos de precipitación validados en áreas que van desde el Cambio Climático (aplicaciones en climatologías-base de modelos), de la metodología de validación para estudios futuros (evaluación/validación), así como de criterios básicos para el análisis de precipitación con interés en hidrología (guías sobre la aplicación de los datos validados para el cálculo de escorrentía, balance hídrico, etc.), y sus relaciones con planeamiento y ordenamiento territorial.

En el último capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones generales del estudio, que parten de los resultados obtenidos en los distintos análisis aplicados.

CAPITULO 1

1. PRODUCTOS DE PRECIPITACIÓN

1.1 Climate Research Unit CRU TS 2.1 (Series de Tiempo de Precipitación CRU-TS 2.1 -Unidad de Investigación Climática CRU-)

El producto CRU TS 2.1 (Mitchell y Jones, 2005), desarrollado por la Unidad de Investigación del Clima de la Universidad de East Anglia, comprende 1224 grillas mensuales de observaciones climáticas para el período 1901-2002, cubriendo la superficie global terrestre a una resolución de 0.5°. Existen nueve variables climáticas disponibles, que son: temperatura media, mínima y máxima del aire diaria, rango de temperatura diurna, precipitación, frecuencia de días húmedos, frecuencia de días con heladas, presión de vapor y cobertura de nubes.

New *et al.* (1999) son los responsables del desarrollo del conjunto original de datos (CRU TS 1.0) y su posterior actualización para incluir hasta el año 1998 (CRU TS 1.1, New *et al.*, 2000). Posteriormente, Mitchell *et al.*

(2004) revisaron el conjunto de datos y lo actualizaron hasta el 2000 (CRU TS 2.0). El actual producto revisa y extiende los trabajos previos; habiendo sido recalculadas las grillas para el período 1901-2002 siguiendo una completa revisión de las bases de datos de soporte y usando una metodología de asimilación mejorada.

Los registros de precipitación del TS 2.1 fueron obtenidos de (1) M. Hulme (*com. pers.*, período 1697-2001), (2) Red Climatológica Histórica Global GHCN (Global Historical Climatology Network) v2 (Peterson *et al.*, 1998c, período 1702-2001), (3) Datos Climáticos Mensuales para el Mundo MCDW (Monthly Climatic Data for the World, W. Angel, *com. pers.*, período 1990-2002) y (4) CLIMAT (MetOffice del Reino Unido, *com. pers.*, período 1994-2002).

La base de datos, una vez asimilada en el sistema de procesamiento del TS 2.1, fue chequeada para encontrar inhomogeneidades en los registros de las estaciones usando un método derivado de aquel usado en el GHCN v2. El método original utiliza estaciones cercanas (definidas previamente por correlaciones) para construir una serie de referencia sobre la cual la serie “candidata” u objetivo va a ser comparada. Las principales modificaciones a la metodología original se refieren al proceso de iteración del chequeo de inhomogeneidades (ejecutado incluso sobre sub-secciones de las series de tiempo); además de los criterios usados para la construcción de la serie de referencia, los cuales difieren del

GHCN. Una descripción más detallada acerca del proceso de homogeneización se encuentra en Mitchell y Jones (2005).

La base de datos final fue convertida en anomalías relativas a las normales del período de 1961-1990, luego interpoladas a una grilla de 0.5° bajo el método de Distancia Angular Ponderada ADW (Angular Distance Weighted), New *et al.*, 1999 y 2000), y finalmente combinada con las normales de 1961-1990 del producto CRU CL 1.0 (New *et al.*, 1999) para obtener valores absolutos por cada punto de grilla.

1.2 Global Precipitation Climatology Centre GPCC Full Data Reanalysis Version 3 (Reanálisis de Precipitación GPCC Versión 3, Datos Completos -Centro de Climatología de Precipitación Global-)

Este conjunto de datos es producido por el Centro de Climatología de Precipitación Global, dependiente del Servicio Meteorológico Alemán DWD (Deutscher Wetterdienst), y está basado exclusivamente en observaciones interpoladas numéricamente, representadas por promedios espaciales de precipitación mensual en grillas, con cobertura global. El producto seleccionado tiene una resolución de 0.5°, cubriendo los años 1951-2004.

Los registros de precipitación fueron proporcionados directamente desde los Servicios Meteorológicos Nacionales de cada país, así como de los más grandes repositorios de datos de precipitación, que incluyen las colecciones de datos globales del CRU del Reino Unido, la Organización de Alimentos y Agricultura FAO (Food and Agriculture Organization) en Italia, el proyecto GHCN de los Estados Unidos; así como de reportes sinópticos y boletines climáticos mensuales de la Organización Meteorológica Mundial WMO (World Meteorological Organization) vía el Servicio Global de Telecomunicaciones GTS (Global Telecommunication Service).

El GPCC implementa en todos sus productos un control de calidad semi-automático, que incluye un sistema de verificación automática, y una visual/manual asistida por computadora, que permite incluir inclusive valores extremos que normalmente serían considerados datos aberrantes (*outliers*) por un sistema de control de calidad automático. Estos extremos reales son importantes para describir en su conjunto la variabilidad de la precipitación en los campos de grilla (Rudolf y Schenider, 2005).

Para el cálculo del set de datos en grilla de precipitación, GPCC utiliza el método de interpolación empírico SPHEREMAP (Willmott *et al.*, 1985) a una resolución de 0.5°. Este método de interpolación es una adaptación esférica del esquema de Shepard (Shepard, 1968), que toma en cuenta (a) las distancias de las estaciones al punto de grilla, (b) la distribución estacional de las estaciones en relación con el punto de grilla y (c) los gradientes de los campos de datos en la grilla ya establecida. Como paso final en el proceso de interpolación, se calcula el promedio de precipitación por área de los datos interpolados de los cuatro puntos de grilla que representan las esquinas de la celda de grilla de 0.5°. Esta grilla final representa solamente la proporción de superficie terrestre del área de la grilla.

1.3 University of Delaware UDEL Terrestrial Precipitation: 1900-2006 Gridded Monthly Time Series (Series de Tiempo Mensuales de Precipitación Terrestre UDEL Versión 1.01, 1900-2006 -Universidad de Delaware UDEL-)

Los datos de precipitación total mensual de este producto, producido por el Centro de Investigación del Clima del Departamento de Geografía de la Universidad de Delaware y liberado para su uso en junio del 2007, fueron compilados de diversas fuentes, correspondiendo principalmente para Sudamérica los registros de precipitación de Willmott y Webber, 1998 y Webber y Willmott, 1998, obtenidos a través del GHCN v2 (Peterson *et al.*, 1997 y 1998). Dichas observaciones mensuales de precipitación corresponden a los períodos desde 1702 al 2001, con el mayor número de estaciones disponibles para la década de los 70s.

Los valores de precipitación mensual global fueron interpolados a una grilla de 0.5° para la superficie terrestre y marina, donde los nodos de grilla fueron centrados a 0.25°. La técnica usada para la construcción de la grilla de datos de precipitación fue la Interpolación Asistida por Climatología CAI (Climatologically-Aided Interpolation), descrita en detalle por Willmott y Robeson (1995); la cual se basa en el uso de una climatología como información base (*background)* en el proceso de estimación de los campos mensuales totales de precipitación. Para este caso, las climatologías usadas fueron las calculadas a partir de los datos compilados en la base de datos de partida de este producto, para el período de 1960-1990; y la climatología de Legates y Willmott (1990). Empleando el CAI, la serie de tiempo de precipitación es diferenciada de la climatología de la base de datos de partida, para luego ser interpolada y obtener un campo grillado de diferencia. En la fase final del proceso, este campo de diferencia es adicionado a la climatología interpolada estimada al respectivo punto de grilla.

El método de interpolación usado en este producto es la versión esférica del algoritmo de Shepard, el cual emplea un método mejorado de ponderación de distancia, explicado por Shepard (1968) y Willmott *et al.*, (1985). El número de estaciones cercanas que influenciaron el estimado en el nodo de grilla fue incrementado a 20, de un promedio de 7 en aplicaciones iniciales. Esto resultó en errores de validación cruzada más pequeños y un campo de precipitación visualmente más realista (Willmott y Matsuura, 1995).

1.4 Interpolación de los productos de precipitación

Los productos de precipitación han sido evaluados para el período 1964-1994, y fueron llevados desde su grilla original de 0.5° x 0.5° a una grilla de 0.25° x 0.25° centrados a 0.25° (figura 2.10, página 31) por medio de la técnica de Triangulación con Interpolación Lineal (Lee y Schachter, 1980). Esta hace uso del procedimiento de Triangulación Óptima de Delaunay, el cual crea triángulos mediante el trazado de líneas entre los distintos puntos de datos. Los puntos originales están conectados de tal manera que ningún borde de los triángulos sean intersectados por otros triángulos, dando por resultado una distribución en facetas, conformadas por triángulos por sobre la superficie de la grilla.

Cada triángulo define un plano sobre los nodos de grilla, los cuales quedan dentro del triángulo formado, con una inclinación y elevación determinadas por los tres puntos de datos originales que definen los vértices del triángulo. A causa de que los datos originales son usados para definir los triángulos, los datos reproducidos por la interpolación son muy cercanos. Este método es del tipo "interpolador exacto" (Golden Software, 2002).

Los métodos de interpolación exactos generalmente utilizan algoritmos de interpolación de promedios ponderados. Esto significa que el dato más cercano al nodo de grilla se le asignará una ponderación mayor al determinar el valor de Z en ese nodo de grilla. Considere las siguientes ecuaciones: Dado N datos:

$$(Z_1, Z_2, ..., Z_N)$$

El valor interpolado a cualquier nodo de grilla (por ejemplo, G_j) puede ser computado como el promedio ponderado de los datos:

$$G_j = \sum_{i=1}^{N} w_{ij} Z_i$$

Donde:

G_j es el valor interpolado en el nodo de grilla en el nodo j

N es el número de puntos usados para interpolar a cada nodo

Z_i es el valor Z al punto i^{th}; y

W_{ij} es la ponderación asociada con el dato i^{th} cuando se computa G_j.

La implementación de los algoritmos para el cálculo de las grillas de datos correspondientes se presenta en Guibas y Stolfi (1985); además, Lee y Schater (1980) presentan una completa discusión de la Triangulación Delaunay que incluye las respectivas pruebas matemáticas de este proceso de interpolación.

CAPITULO 2

2. CONJUNTO DE DATOS PATRÓN

2.1 Datos

El conjunto de datos patrón tiene como base 51 registros pluviométricos (datos mensuales de precipitación en milímetros) provenientes de igual número de estaciones meteorológicas asentadas en la costa ecuatoriana (delimitada por la curva de nivel de 1350 m de la estribación oriental de la cordillera de los Andes, tabla 2.1 y figura 2.1). El período de evaluación fue definido entre los años 1964-1994, basados en la fecha más común de comienzo de registro de los datos de precipitación, y del estado de actualización de la base de datos disponible (figura 2.2). La fuente primaria de los datos de precipitación es el proyecto IAI CRN-038 (Cornejo-Grunauer, 2005), suplidos a su vez por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), Dirección General de Aviación Civil (DGAC), Fuerza Aérea Ecuatoriana (FAE), Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), Comisión de Estudios para el Desarrollo de la Cuenca del Río Guayas (CEDEGE), Corporación Reguladora de Manejo Hídrico de Manabí (CRM) y Programa Regional para el Desarrollo del Sur (PREDESUR).

Figura 2.1 Ubicación de las estaciones meteorológicas con registros pluviométricos usados en este estudio. La topografía es mostrada en metros (barra de color derecha) según NOAA/NGDC (2006).

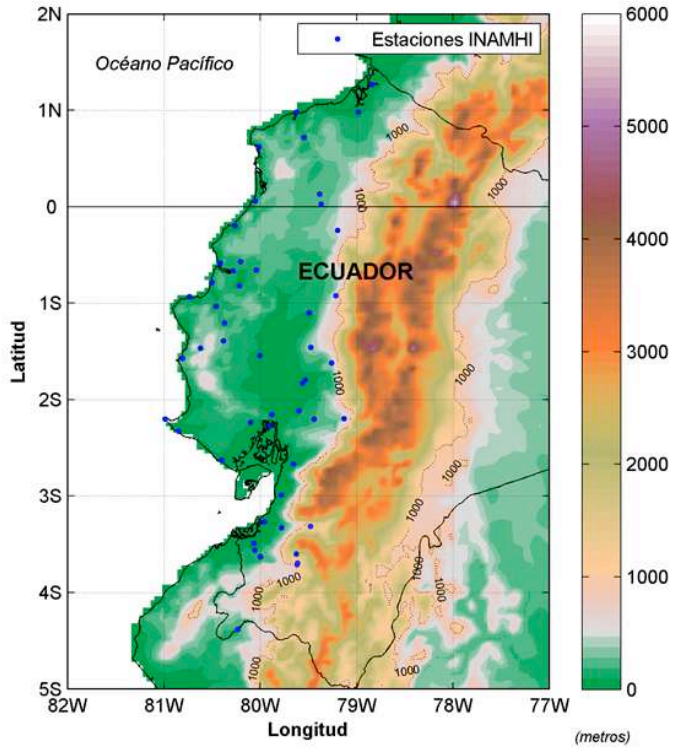
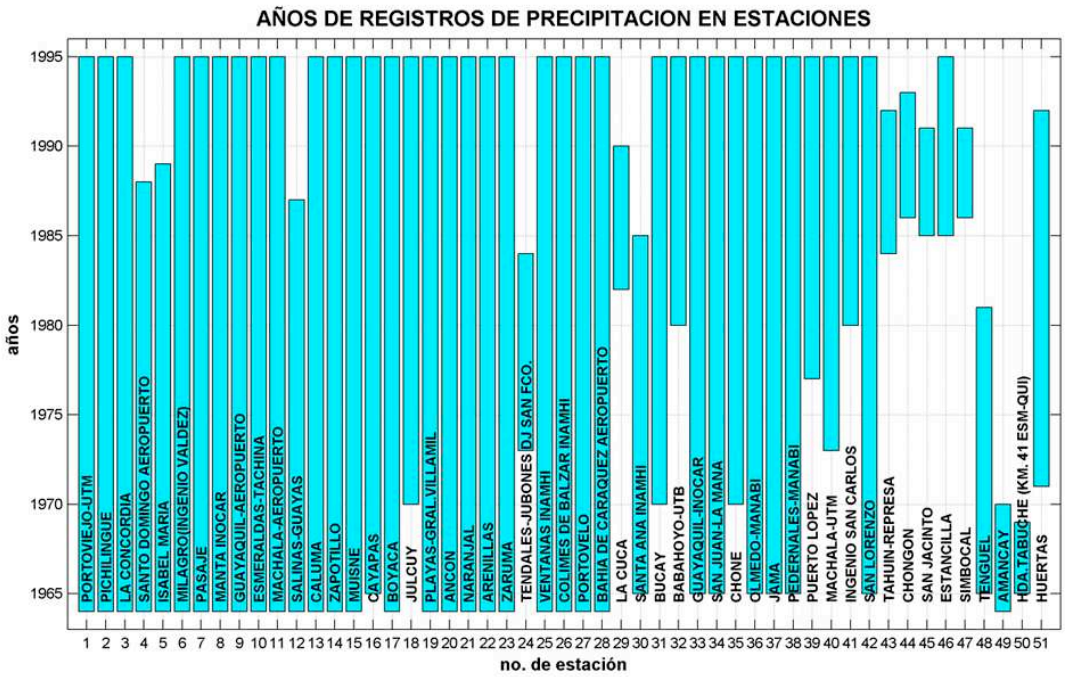


Tabla 2.1 Estaciones meteorológicas con registros pluviométricos empleados en este estudio; y características de las series de tiempo para el período 1964-1994 (ELV, elevación; %PD., porcentaje de datos perdidos; AÑ. INI., año de inicio AÑ. RG., años de registro).

COD.	ESTACION	LATITUD				LONGITUD				ELV.	%PD.	AÑ. INI.	AÑ. RG.
M005	PORTOVIEJO-UTM	1	2	3	S	80	27	34	W	60	0.27	1964	31
M006	PICHILINGUE	1	6	0	S	79	29	42	W	120	0.00	1964	31
M025	LA CONCORDIA	0	1	36	N	79	22	17	W	360	2.96	1964	31
M027	SANTO DOMINGO AEROPUERTO	0	14	44	S	79	12	0	W	554	25.81	1964	24
M036	ISABEL MARIA	1	49	41	S	79	33	49	W	4	20.97	1964	25
M037	MILAGRO(INGENIO VALDEZ)	2	6	56	S	79	35	57	W	13	0.27	1964	31
M040	PASAJE	3	19	47	S	79	46	55	W	40	4.30	1964	31
M047	MANTA INOCAR	0	56	3	S	80	44	2	W	3	36.56	1964	31
M056	GUAYAQUIL AEROPUERTO	2	9	12	S	79	53	0	W	5	0.00	1964	31
M058	ESMERALDAS-TACHINA	0	58	45	N	79	37	28	W	7	18.01	1964	31
M072	MACHALA AEROPUERTO	3	15	50	S	79	57	40	W	4	2.96	1964	31
M076	SALINAS-GUAYAS	2	12	0	S	80	59	23	W	4	38.17	1964	23
M129	CALUMA	1	37	12	S	79	15	35	W	350	2.15	1964	31
M151	ZAPOTILLO	4	22	57	S	80	14	11	W	223	11.83	1964	31
M153	MUISNE	0	37	13	N	80	0	50	W	6	29.30	1964	31
M154	CAYAPAS	0	58	54	N	78	59	0	W	75	17.20	1965	30
M163	BOYACA	0	34	7	S	80	12	20	W	370	20.97	1964	31
M169	JULCUY	1	28	1	S	80	37	14	W	240	24.19	1970	25
M173	PLAYAS-GRAL.VILLAMIL	2	37	41	S	80	24	4	W	6	17.74	1964	31
M174	ANCON	2	19	28	S	80	50	54	W	4	13.71	1964	31
M176	NARANJAL	2	39	44	S	79	39	23	W	30	8.87	1964	31
M179	ARENILLAS	3	33	37	S	80	3	22	W	60	1.34	1964	31
M180	ZARUMA	3	41	49	S	79	36	58	W	1100	8.60	1964	31
M425	TENDALES-JUBONES DJ SAN FCO.	3	18	51	S	79	28	49	W	750	66.67	1973	11
M465	VENTANAS INAMHI	1	27	25	S	79	28	26	W	20	11.83	1964	31
M475	COLIMES DE BALZAR INAMHI	1	32	34	S	80	0	29	W	28	37.90	1964	31
M479	PORTOVELO	3	42	38	S	79	37	7	W	747	8.87	1964	31
M611	BAHIA DE CARAQUEZ AEROPUERTO	0	35	0	S	80	25	0	W	3	0.00	1964	31
M012	LA CUCA	3	29	30	S	80	4	0	W	20	79.03	1982	8
M034	SANTA ANA INAMHI	1	12	13	S	80	22	20	W	40	36.29	1965	20
M039	BUCAY	2	11	44	S	79	8	0	W	480	19.62	1970	25
M051	BABAHOYO-UTB	1	47	49	S	79	32	0	W	7	52.96	1980	15
M075	GUAYAQUIL-INOCAR	2	16	1	S	79	54	3	W	4	48.12	1965	30
M124	SAN JUAN-LA MANA	0	55	15	S	79	13	0	W	223	16.40	1965	30
M162	CHONE	0	39	26	S	80	2	30	W	40	28.76	1970	25
M166	OLMEDO-MANABI	1	23	29	S	80	23	0	W	50	15.86	1965	30
M167	JAMA	0	11	58	S	80	15	47	W	5	16.13	1965	30
M168	PEDERNALES-MANABI	0	3	30	N	80	3	20	W	20	21.77	1965	30
M170	PUERTO LOPEZ	1	34	26	S	80	48	29	W	5	76.34	1977	18
M185	MACHALA-UTM	3	16	0	S	79	57	31	W	25	35.22	1973	22
M218	INGENIO SAN CARLOS	2	12	0	S	79	26	35	W	35	62.63	1980	15
M224	SAN LORENZO	1	16	6	N	78	50	30	W	5	7.53	1965	30
M238	TAHUIN-REPRESA	3	37	40	S	80	0	10	W	129	77.96	1984	8
M246	CHONGON	2	14	0	S	80	6	0	W	0	84.68	1986	7
M270	SAN JACINTO	0	47	0	S	80	30	0	W	0	81.72	1985	6
M296	ESTANCILLA	0	49	0	S	80	13	0	W	0	79.84	1985	10
M297	SIMBOCAL	0	40	0	S	80	17	0	W	0	86.29	1986	5
M478	TENGUEL	2	59	28	S	79	47	13	W	10	70.43	1965	16
M609	AMANCAY	0	7	53	N	79	23	6	W	120	83.60	1964	6
M626	HDA.TABUCHE (KM. 41 ESM-QUI)	0	43	2	N	79	32	50	W	40	89.78	1965	4
M740	HUERTAS	3	36	6	S	79	37	47	W	1350	56.45	1971	21

Fuente: Proyecto IAI-038, Cornejo-Grunauer, 2005

Figura 2.2 Comparativo de años de registros de precipitación de las estaciones meteorológicas listadas en la tabla 2.1.



2.2 Control de Calidad. Homogeneización

El término “inhomogeneidad” representa las variaciones no naturales, las cuales son causadas por modificaciones en los registros de observación (Beaulieu *et al.*, 2007). La detección y corrección de estos cambios son importantes debido a que éstos pueden tener efectos inesperados en los resultados de estudios climáticos, especialmente aquellos relacionados a análisis de tendencia en el clima (Wang, 2006).

Existe dos tipos de inhomogeneidad: documentadas y no documentadas. La primera se refiere a aquellos cambios conocidos en posición/tiempo de las plataformas de registro. Estos cambios documentados son muchos más fáciles de evaluar debido a que bastaría con consultar el metadata para obtener aquella información, la cual es comúnmente anotada como novedad en los partes de las comisiones de mantenimiento de las estaciones meteorológicas. Sin embargo, el metadata frecuentemente carece de precisión al registrar dichas novedades, o en otros casos, no están disponibles del todo. Por ello, la detección de cambios no-documentados suple esta carencia, al valorar estadísticamente cambios no soportados por el metadata.

Para este trabajo se resolvió escoger la técnica de regresión multi-fase basada en los *t*-test de penalización máxima PMT (Penalized Maximal *t*-Test, Wang *et al.*, 2007) y el *F*-test de penalización máxima PMF (Penalized Maximal *F*-Test, Wang, 2007a), corridos bajo la aplicación RHtestV2 (Wang y Feng, 2007) en ambiente R. Este método ha probado tener un poder de detección de inhomogeneidades más alto que el Test de Homogeneidad Normal Estándar SNHT (Standard Normal Homogeneity Test, Alexandersson, 1986), quizá el más difundido de entre los métodos de homogeneización.

La aplicación RHtestV2 permite detectar y ajustar múltiples puntos de cambio (referidos tradicionalmente en la literatura como *mean-shift*) que pudiesen existir en una serie de tiempo, que puede tener errores autoregresivos del primer orden. Las técnicas PMT y PMF, adicionalmente, se encuentran inmersas en un algoritmo de prueba recursivo e iterante (Wang 2007b), con una autocorrelación de rezago 1, analizado empíricamente. Es por ello que la serie de tiempo en estudio deberá tener tendencia-cero o una tendencia lineal a lo largo de todo el período de registro.

El problema de la distribución desigual de la Tasa de Falsa Alarma FAR (False Alarm Rate) y del poder de detección, de la cual adolecían versiones previas de estas técnicas (modelo de regresión de dos fases basado en PMF, Wang 2003), ha sido mejorado drásticamente con el uso de funciones empíricas de penalización. Una serie de tiempo homogénea que está muy bien correlacionada con la serie base puede ser usada como serie de referencia; sin embargo, es posible también la detección de puntos de cambio cuando no existe una serie de referencia homogénea.

Estas característica del RHtestV2 permite flexibilizar el planteamiento del test de homogeneidad a las series de tiempo de precipitación, el cual fue llevado a cabo en dos fases: (1) sin una serie de referencia, aplicado a todas las series de precipitación y (2) con una serie de referencia, aplicado a aquellas series de tiempo pertenecientes a regiones de precipitación homogénea con un mínimo de 10 años de registros y con un porcentaje de datos perdidos no mayor a 30%.

2.2.1 Test de Homogeneidad sin una serie de referencia

En primera instancia, el test usado es el PMF, el cual permite a la serie de tiempo ser testada aún cuando exista una tendencia lineal a lo largo de todo el período de registro (es decir, que los componentes de tendencia no presenten cambios, Wang 2003). Dicho test fue corrido para cada uno de los registros pluviométricos sin una serie de referencia, a diferencia del test PMT.

2.2.2 Test de Homogeneidad con una serie de referencia

El test usado en este caso es el PMT, el cual asume que la serie de tiempo muestreada tiene tendencia-cero y errores gaussianos. La serie de diferencia entre la base y referencia es testada para identificar la posición y significancia de los puntos de cambio, además de que el modelo de regresión multi-fase de tendencia común es ajustado a las anomalías (relativas al ciclo anual) de la serie base al final para obtener los estimados de la magnitud de los cambios.

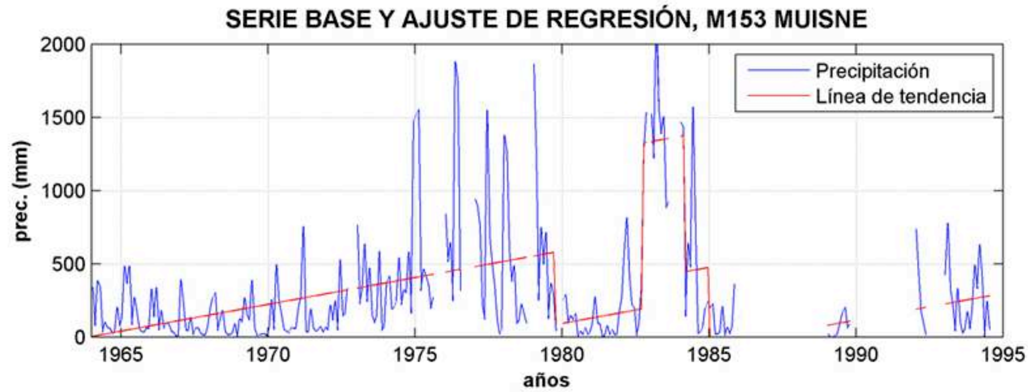
Se estableció que, de acuerdo a los requerimientos básicos en cuanto a años de registros (mayor a diez años) y porcentaje de datos perdidos (menor que 30%), las regiones en las cuales se ejecutaría dicho test son: región 1 (Santo Domingo), región 2 (Los Ríos), región 3 (Guayaquil), región 5 (El Oro) y región 10 (Península), tabla 2.1. Debido a que en una zona pluviométrica el régimen de lluvias es homogéneo, la serie de referencia de cada región es representada por el promedio del registro de precipitación de todas las estaciones que la componen. Estas series de referencia fueron contrastadas con la serie base (equivalente a cada una de los registros de lluvia por estación para la región dada) dentro del software RHtestV2, en el cual se procede a realizar el test de homogeneidad según la técnica PMT.

2.2.3 Resultados

De los resultados obtenidos, 27 de 51 estaciones resultaron ser homogéneas, mientras que en otras 19 la inhomogeneidad encontrada se explica por la variación interanual de El Niño (principalmente asociada al evento El Niño 1982-1983). De las cinco estaciones restantes, Machala-UTM y Machala Aeropuerto presentan inconsistencias entre sí, lo que haría suponer que una de las dos no es homogénea.

Muisne exhibe un registro de lluvias que oscila en promedio entre los 250-300 mm de lluvia para 1964-1973, 750 mm para 1974-1980, 250 mm entre 1980-1981 y >1000 mm para El Niño del 82-83 (figura 2.3). Al compararlo con registros de la estaciones cercanas, y en general, con el resto de registros (Esmeraldas es la estación más próxima), la media y las principales tendencias no presentan saltos tan bruscos como los que muestra Muisne.

Figura 2.3 Registro de precipitación en Muisne, con la respectiva línea de tendencia.



Para Amancay, en cambio, el punto que desencadenó la detección de inhomogeneidad fue su corto registro (1964-1969, seis años, figura 2.4). Olmedo, por su parte, muestra mayores lluvias al inicio del registro de precipitación (1965-1966) que incluso en El Niño de 1982-1983 (figura 2.5).

Figura 2.4 Registro de precipitación en Amancay, con la respectiva línea de tendencia.

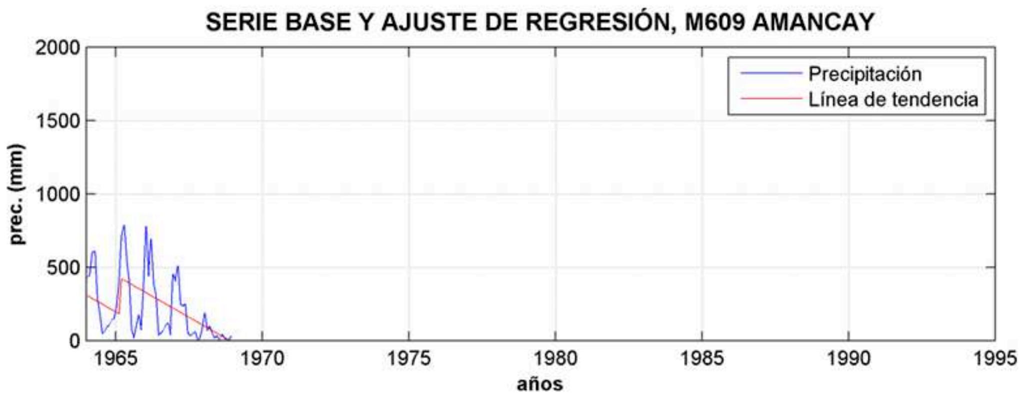
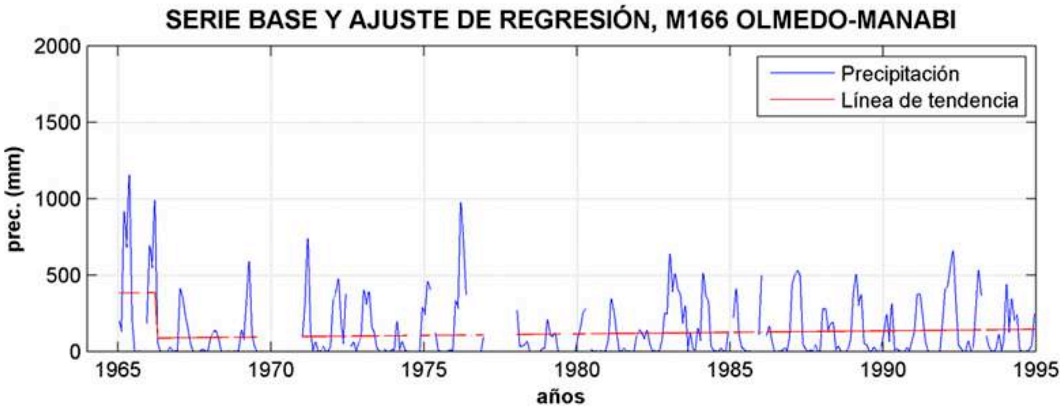


Figura 2.5 Registro de precipitación en Olmedo-Manabí.



La segunda fase fue ejecutada solo en las regiones 1 Santo Domingo (tres estaciones), 2 Los Ríos (cinco estaciones), 3 Guayaquil (cinco estaciones), 5 El Oro (cuatro estaciones) y 10 Península (tres estaciones). Al correr el RHtestV2 sobre los casos mencionados, en las estaciones Naranjal y Arenillas se detectaron inhomogeneidades con respecto a la serie de referencia. Naranjal, desde 1988, muestra valores mensuales de precipitación sostenidamente más bajos que el período que le antecede (figura 2.6), mientras que en Arenillas, el punto de quiebre de la inhomogeneidad detectada es el año de 1977 (figura 2.7).

Figura 2.6 Registro de precipitación en Naranjal. La línea de tendencia en rojo representa el ajuste del modelo de regresión multi-fase de la serie base, y la línea verde, el ajuste con los estimados de la magnitud de cambio de la serie de base-menos-referencia.

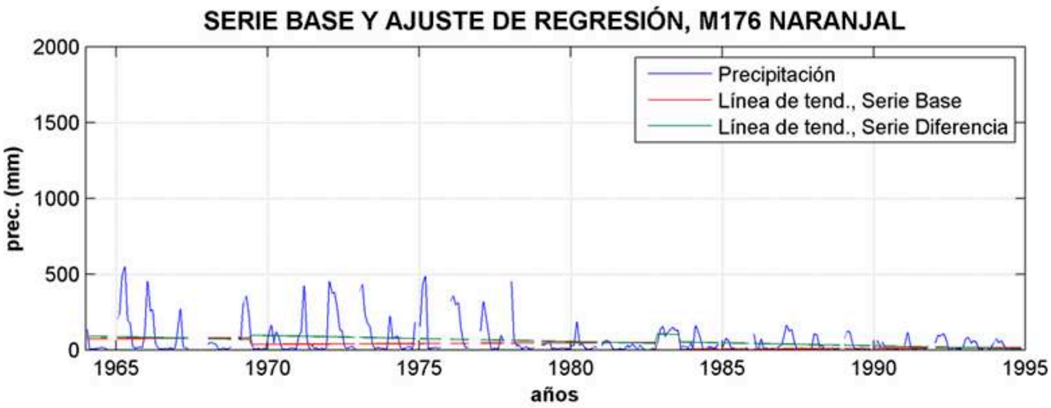
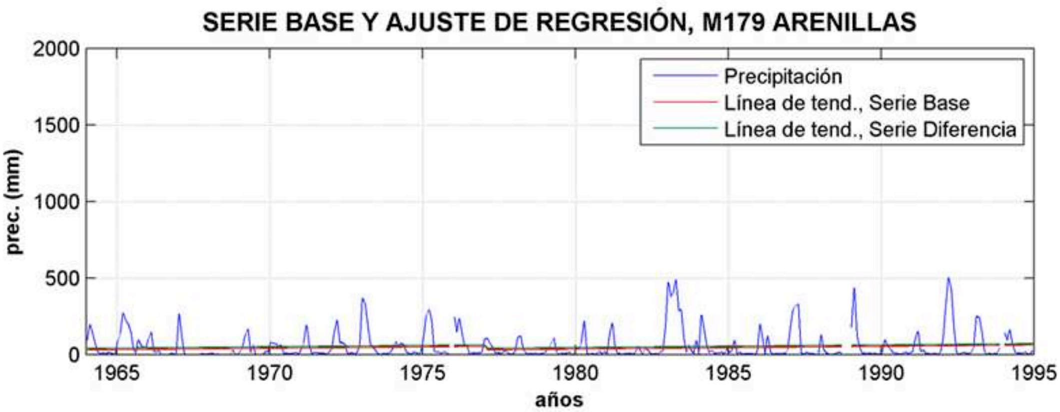


Figura 2.7 Registro de precipitación en Arenillas.



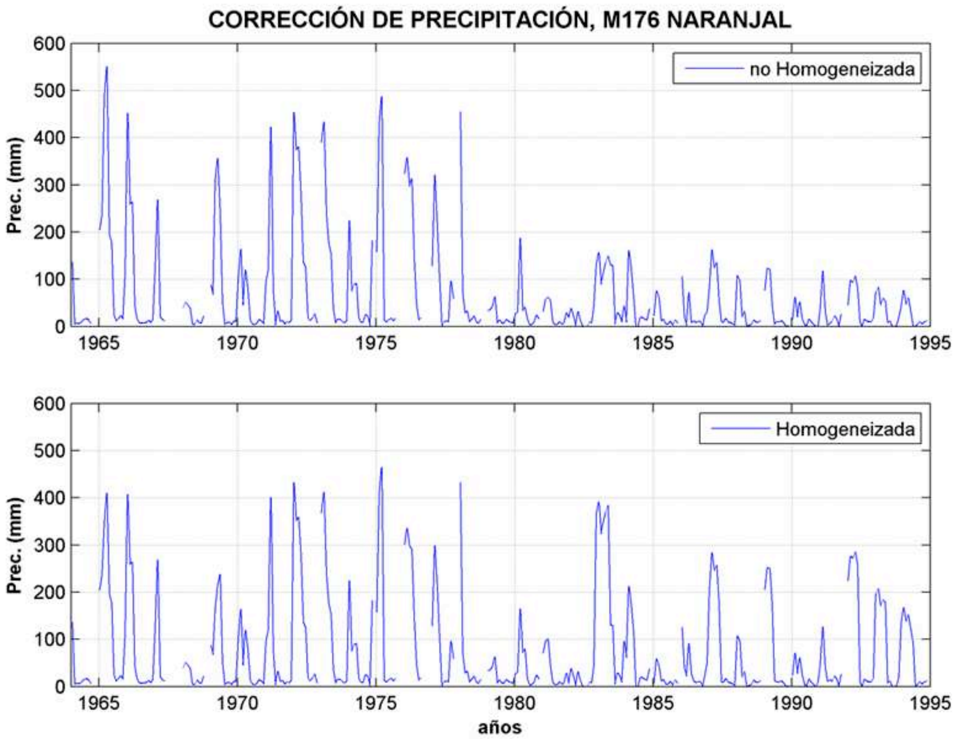
Los registros de metadata de las estaciones en mención (ref. Ontaneda, *com. pers.* 2008) no guardan relación con las inhomogeneidades detectadas, lo que haría suponer que el metadata de las estaciones presenta ciertas deficiencias en el registro de novedades, especialmente las relacionadas a las inconformidades con el registro de los datos proveniente de los equipos (hecha por observadores contratados por INAMHI que no cuentan con una preparación técnica en el área de meteorología). Según Ontaneda, *com. pers.*, 2008, las estaciones de Muisne, Machala-UTM y Naranjal son las que más han sufrido repetidamente de este tipo de novedades, lo cual obliga a cambiar con mayor frecuencia a los observadores. Adicionalmente, Bendix y Bendix (1992) menciona que la estación Naranjal ha probado tener un registro poco confiable, especialmente durante la estación lluviosa, a partir de un test de plausibidad basado en estaciones pluviométricas circundantes.

Para las estaciones de Amancay, Olmedo-Manabí y Arenillas, se resolvió no ajustar las inhomogeneidades encontradas debido a que el efecto de éstas en el conjunto de la serie de tiempo de precipitación es mínimo (en el caso de Arenillas), mientras que para Olmedo-Manabí se presume que el máximo de lluvia entre los años 1965-1967 (punto de cambio detectado), es válido, teniendo como referencia valores similares en el evento El Niño de 1976-1977. En Amancay, como se lo mencionó anteriormente, el corto período de registro resulta ser una limitante para establecer una tendencia de mayor significancia que permita salvar la inhomogeneidad detectada en el año 1965.

Se convino, además, eliminar la estación Machala UTM del análisis, la cual puede ser efectivamente suplida por el registro de precipitación de la estación Machala-Aeropuerto, localizada a 34 km de Machala UTM, en la cual no se detectó inhomogeneidades.

En la estación Naranjal se procedió a homogeneizar la serie de tiempo con la salida de ajuste del programa RHtestV2 (figura 2.8) bajo la segunda corrida (con una serie de referencia).

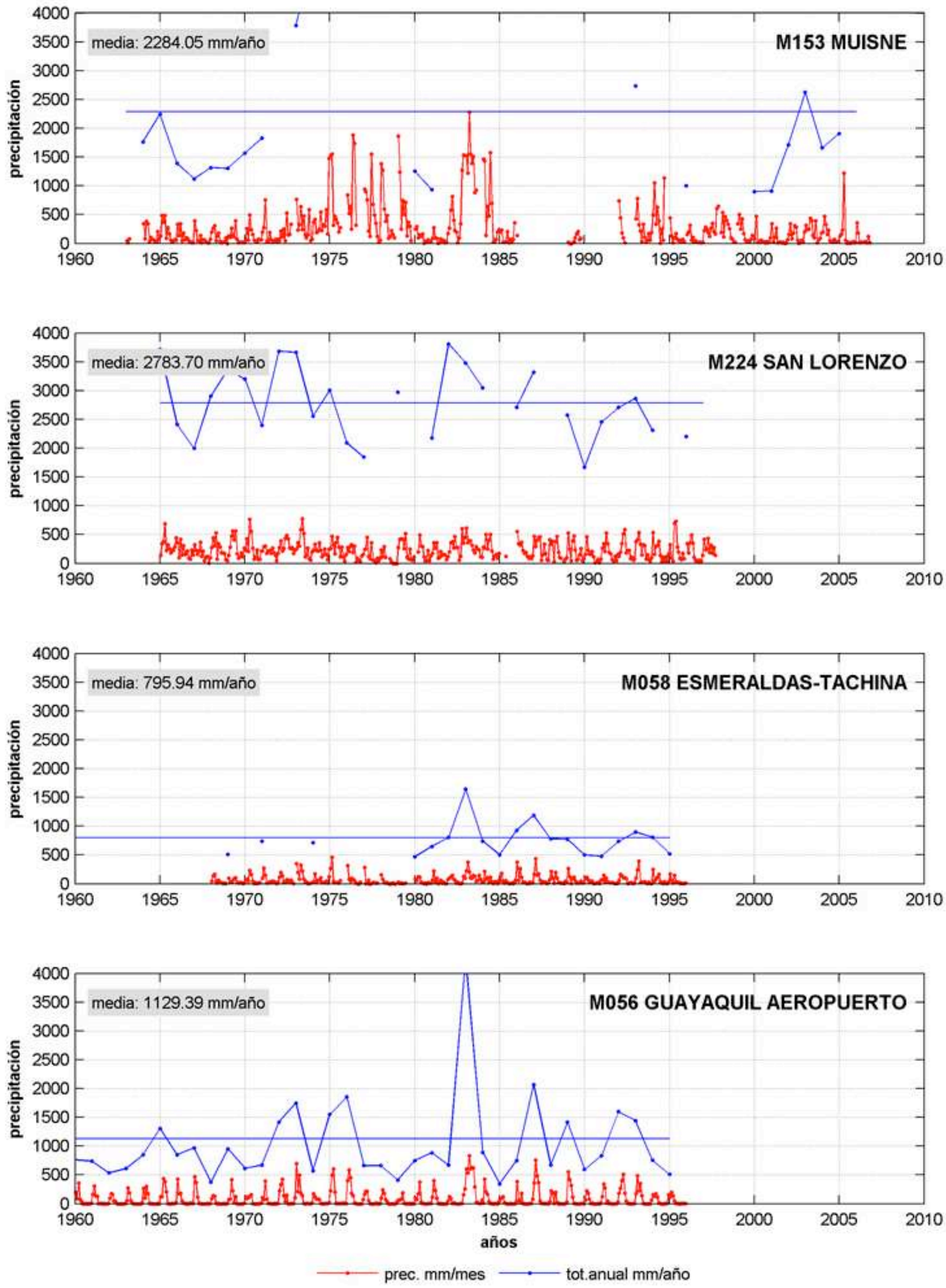
Figura 2.8 Homogeneización del registro pluviométrico de la estación Naranjal según la salida del RHtestV2.



Algo importante de anotar acerca de la aplicación del programa RHtestV2 para datos de precipitación en la costa ecuatoriana (con una estación marcadamente lluviosa, y otra marcadamente seca) es que en la salida de ajuste planteada para la homogeneización de los datos, los valores llegan a ser negativos en la estación seca, lo que produce un conflicto de interpretación (en precipitación, el valor mínimo de registro es cero milímetros). Para resolver esta situación, se aplicó una 'relajación' de estos valores a sus originales, lo que no afectó la homogeneización de la serie puesto que la mayor fuente de inhomogeneidad se asoció con los valores de precipitación de la estación lluviosa.

Al analizar más detenidamente la estación Muisne y su registro completo de datos hasta el 2006, podemos observar que existe una alta dispersión de los datos mensuales entre los años de 1975 y 1985 (entre 0 y 2000 mm, figura 2.9), mientras que existen períodos de tiempo más estables (1963-1974 y 1992-2006) en donde la dispersión de estos datos se estabiliza entre 0 y 500 mm, con pocos valores extremos cercanos a 1000 mm. En contraste, el patrón mostrado en el resto de estaciones estudiadas, representadas en la figura 2.9 por tres de ellas (Esmeraldas-Tachina, San Lorenzo y Guayaquil-Aeropuerto), es a no mostrar una dispersión extrema en sus datos mensuales de lluvia.

Figura 2.9 Registros mensuales de lluvia, en mm, y el total anual correspondiente a Muisne, San Lorenzo, Esmeraldas-Tachina y Guayaquil, cuatro de las 51 estaciones de la costa ecuatoriana incluidas dentro de este estudio.



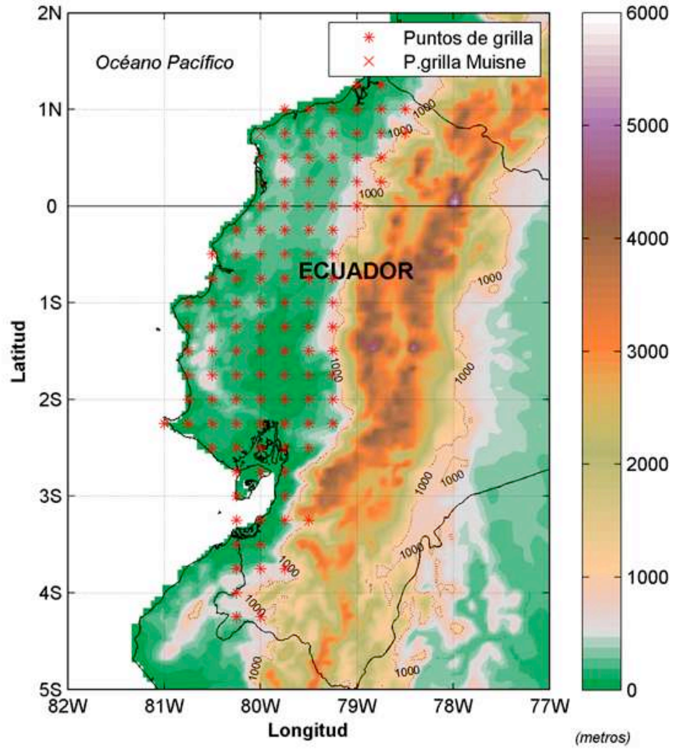
En el año de 1983, y aún con el registro incompleto (sólo existen datos entre enero y agosto), el total anual de lluvias en Muisne alcanza los 11285 mm, excesivo aún considerándose que es un año Niño. En comparación, la estación San Lorenzo, ubicada en la región pluviométrica homónima (circunscrita también dentro de la región climática “clima tropical megatérmico húmedo”, Pourrut *et al.*, 1995), alcanza un total anual en ese mismo año de 3479 mm, siendo su promedio histórico 2783 mm.

Debido a lo dudoso del registro, y que aún dentro del INAMHI no hay un consenso sobre lo certero de los datos observados en Muisne y cómo éstos representan el régimen de lluvias de la zona, se ha decidido no incluir a Muisne y su área de influencia dentro del análisis realizado para la validación de los tres productos de precipitación escogidos, lo que implica eliminar tres puntos en la grilla base de 0.25º originalmente planteada (figura 2.10).

2.3 Interpolación del conjunto de datos patrón

La validación de los tres productos de precipitación toma como partida el conjunto de datos patrón “INAMHI12k”, construido a partir del cálculo de las medias espaciales en cada punto de grilla. La construcción de este conjunto de datos comprende dos grandes pasos: (a) la interpolación de los registros pluviométricos provenientes de cada una de las estaciones con la técnica Kriging (Deutsch y Journel, 1992, anexo D), hasta una grilla regular de 0.5° centrada a igual valor, cubriendo toda la costa ecuatoriana; y (b) una segunda interpolación a 0.25° (centrada a 0.25°, figura 2.10) a través del método de Triangulación con Interpolación Lineal (Guibas y Stolfi, 1985), detallado en el capítulo 2.

Figura 2.10 Grilla base de 0.25° para la zona costera ecuatoriana.



2.4 Validación del conjunto de datos patrón

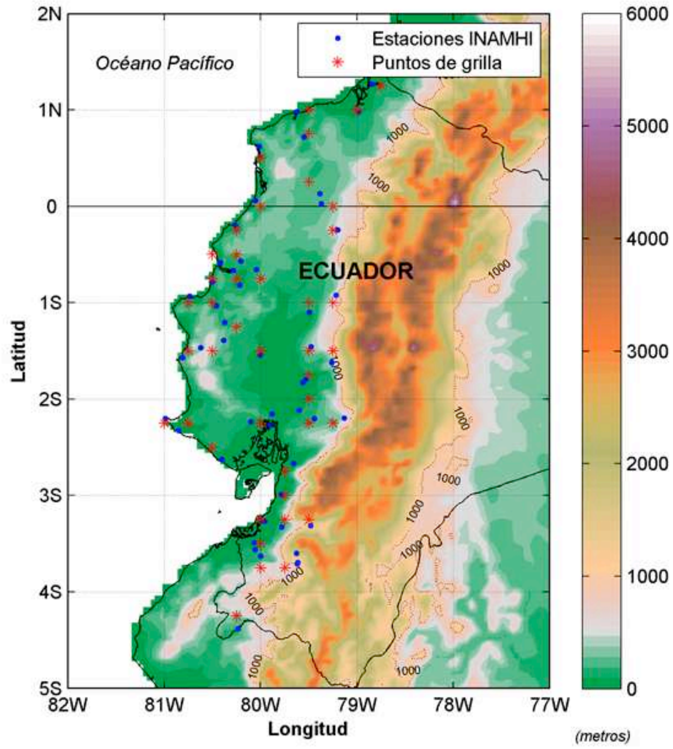
El proceso de validación del conjunto de datos “INAMHI12k” consistió en un procedimiento similar al expuesto en el siguiente capítulo (3) para la validación de los conjuntos de datos, realizado a partir del cálculo del (1) sesgo entre los datos observados y el conjunto de datos interpolados (igual a la diferencia aritmética entre éstos), (2) del sesgo/error, y (3) de los coeficientes de correlación (a α = 0.10 y α = 0.05), agrupándose los datos de la siguiente manera:

- Por ciclo anual: promedio de los registros de precipitación mensuales para las estaciones seca y lluviosa.
- Por total anual: promedio de la sumatoria de los registros de precipitación mensuales por cada año (excluyéndose aquellos años en que los registros son incompletos).

En este análisis, se muestran los promedios estacionales en el ciclo anual, e interanual en el total anual, como medida de simplificación de los resultados del proceso de validación del conjunto de datos INAMHI12k.

Los puntos de grilla en los cuales se ejecutó la metodología de validación propuesta corresponden a aquellos puntos de la grilla de 0.25° del INAMHI12k más cercanos a las estaciones meteorológicas usadas en este estudio (figura 2.11).

Figura 2.11 Ubicación de las estaciones meteorológicas listadas en la tabla 2.1, además de los respectivos puntos de grilla más cercanos de la grilla base para la zona costera ecuatoriana.



2.4.1 Resultados

En casi todas las estaciones, el sesgo/error del ciclo anual del conjunto de datos INAMHI12k se ubicó dentro de ± 1 (los valores por sobre una unidad son discernibles del error propagado), a excepción de Esmeraldas-Tachina, Julcuy, Olmedo-Manabí, Hda. Tabuche y Huertas. Los valores máximos del sesgo/error fueron hallados en las localidades de Julcuy (1.47), Olmedo-Manabí (-5.23), Hda. Tabuche (3.33), y Huertas (-1.41) durante la estación de lluvias; mientras que en la estación seca los valores tienden a cero en la mayoría de los casos, exceptuando Esmeraldas-Tachina (3.28) y Zaruma (-0.98), no siendo estos valores estadísticamente significantes (figura 2.12 y tabla 2.2).

Así mismo, las correlaciones más bajas ($\alpha = 0.05$) fueron reportadas para Santa Ana INAMHI (0.77 lluviosa, 0.70, seca), Tendales-Jubones DJ San Francisco (0.65, lluviosa) y para Zaruma (0.58, lluviosa). En Simbocal, ambos conjuntos de datos están correlacionados sólo al 90% y 95% de confianza en la estación lluviosa (0.79 y 0.93, respectivamente). Apartándose de estos casos, las correlaciones de las estaciones restantes tienden a 1 tanto en la estación seca como en la lluviosa (tabla 2.2).

Figura 2.12 Sesgo/error en el ciclo anual, calculado a partir del sesgo/error promedio para cada estación, por estación climática.

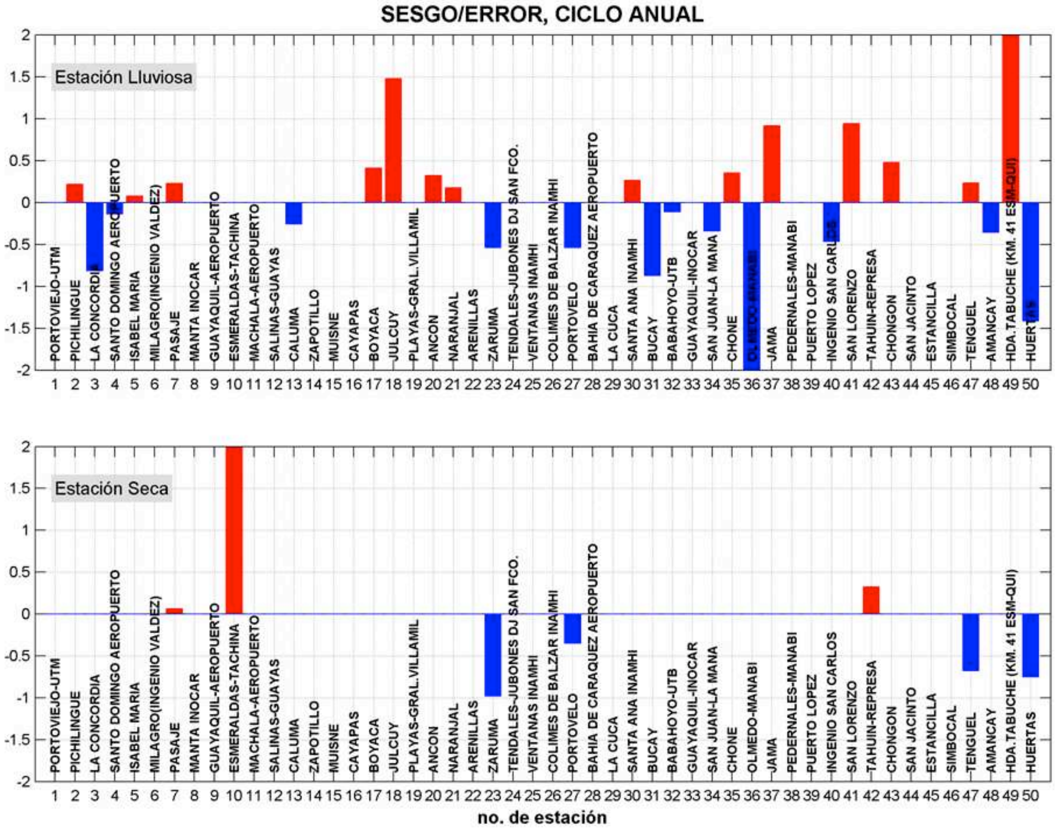


Tabla 2.2 Resultados del proceso de validación por ciclo anual. Las unidades están dadas en mm/mes, a excepción de la correlación.

NO.	ESTACION	SESGO E.LLUV.	SESGO / ERROR E.LLUV.	SESGO E.SECA	SESGO / ERROR E.SECA	CORREL E.LLUV. α = 0.05	CORREL E.SECA α = 0.05
1	PORTOVIEJO-UTM	-5.55	0.00	-0.88	0.00	0.99	1.00
2	PICHILINGUE	2.35	0.22	7.11	0.00	0.98	0.98
3	LA CONCORDIA	-33.54	-0.81	6.12	0.00	0.95	NaN
4	SANTO DOMINGO AEROPUERTO	-11.68	-0.14	-11.49	0.00	0.83	0.96
5	ISABEL MARIA	7.19	0.07	7.11	0.00	0.83	0.94
6	MILAGRO(INGENIO VALDEZ)	65.29	0.00	9.42	0.00	0.94	0.97
7	PASAJE	23.61	0.23	1.41	0.06	0.77	NaN
8	MANTA INOCAR	-0.09	0.00	3.62	0.00	NaN	NaN
9	GUAYAQUIL AEROPUERTO	-33.23	0.00	-0.62	0.00	0.96	0.83
10	ESMERALDAS-TACHINA	44.53	0.00	36.06	3.28	NaN	NaN
11	MACHALA AEROPUERTO	11.71	0.00	3.13	0.00	0.94	0.82
12	SALINAS-GUAYAS	4.20	0.00	-0.81	0.00	NaN	NaN
13	CALUMA	-31.37	-0.26	-1.83	0.00	0.79	0.91
14	ZAPOTILLO	-3.08	0.00	1.42	0.00	0.99	NaN
15	MUISNE	-45.12	0.00	-41.64	0.00	NaN	NaN
16	CAYAPAS	-8.50	0.00	-7.79	0.00	NaN	NaN
17	BOYACA	19.65	0.41	4.72	0.00	NaN	NaN
18	JULCUY	72.68	1.47	9.52	0.00	0.87	NaN
19	PLAYAS-GRAL.VILLAMIL	0.26	0.00	0.53	0.00	NaN	NaN
20	ANCON	9.33	0.32	1.40	0.00	NaN	NaN
21	NARANJAL	10.31	0.18	3.45	0.00	0.84	0.95
22	ARENILLAS	6.34	0.00	2.40	0.00	0.97	0.93
23	ZARUMA	-55.17	-0.54	-8.57	-0.98	0.58	NaN
24	TENDALES-JUBONES DJ SAN FCO.	52.44	0.00	0.68	0.00	0.65	0.82
25	VENTANAS INAMHI	-8.04	0.00	-1.86	0.00	0.99	NaN
26	COLIMES DE BALZAR INAMHI	8.04	0.00	0.12	0.00	NaN	NaN
27	PORTOVELO	-33.41	-0.54	-3.35	-0.35	NaN	NaN
28	BAHIA DE CARAQUEZ AEROPUERTO	-11.42	0.00	0.68	0.00	0.97	0.95
29	LA CUCA	30.39	0.00	4.78	0.00	0.98	0.99
30	SANTA ANA INAMHI	15.54	0.26	-1.52	0.00	0.77	0.70
31	BUCAY	-64.81	-0.87	-18.46	0.00	0.91	0.94
32	BABAHOYO-UTB	-15.79	-0.11	3.40	0.00	0.98	0.97
33	GUAYAQUIL-INOCAR	-12.86	0.00	-0.78	0.00	NaN	NaN
34	SAN JUAN-LA MANA	-26.88	-0.34	-13.42	0.00	NaN	NaN
35	CHONE	11.34	0.35	-1.38	0.00	NaN	NaN
36	OLMEDO-MANABI	-92.49	-5.23	-12.62	0.00	NaN	NaN
37	JAMA	38.68	0.91	15.50	0.00	NaN	NaN
38	PEDERNALES-MANABI	28.22	0.00	5.95	0.00	NaN	NaN
39	PUERTO LOPEZ	29.14	0.00	0.38	0.00	NaN	NaN
40	INGENIO SAN CARLOS	-22.70	-0.47	2.71	0.00	NaN	NaN
41	SAN LORENZO	18.29	0.94	0.68	0.00	NaN	NaN
42	TAHUIN-REPRESA	-14.92	0.00	2.12	0.32	NaN	NaN
43	CHONGON	15.75	0.47	2.48	0.00	0.88	NaN
44	SAN JACINTO	18.12	0.00	2.54	0.00	0.92	0.94
45	ESTANCILLA	9.95	0.00	4.16	0.00	NaN	NaN
46	SIMBOCAL	51.07	0.00	4.58	0.00	NaN	0.93
47	TENGUEL	3.55	0.23	-7.03	-0.68	NaN	NaN
48	AMANCAY	-26.73	-0.36	-1.56	0.00	0.92	NaN
49	HDA.TABUCHE (KM. 41 ESM-QUI)	26.62	3.33	12.36	0.00	NaN	0.96
50	HUERTAS	-185.88	-1.41	-69.67	-0.75	NaN	NaN

En cuanto a los valores de correlación reportados como NaN en la tabla 2.2, estos se explican a partir del hecho de que el análisis de correlación aplicado sólo arroja resultados cuando las series de tiempo no tiene datos perdidos; y bajo el esquema de validación aplicado, las series de tiempo de precipitación de INAMHI12k fueron contrastadas con los registros pluviométricos originales provenientes de estaciones meteorológicas, en donde los datos perdidos de estos registros fueron asignados correspondientemente con su ubicación en INAMHI12k.

Para los totales anuales, gran parte de las estaciones alcanzan valores por sobre la unidad, siendo los valores más extremos Milagro-Valdez (3.28), La Cuca (5.27), Pedernales Manabí (3.31) y Simbocal (3.80). En el caso de Huertas, el valor de sesgo en mm es significativamente mayor que el resto (1625.41 mm), pero al estandarizar esta diferencia, se puede observar que esta presenta una alta desviación estándar (1242.54 en los datos de precipitación INAMHI y 605.22 en el conjunto de datos patrón INAMHI12k), lo que hace que en términos del sesgo/error, ésta sólo represente -2.57.

Similar a lo obtenido en el análisis del ciclo anual, la correlación en la mayoría de las estaciones tiende a 1, reportando como valores más bajos Ancón (0.89) y Pasaje (0.87, tabla 2.3).

Figura 2.13 Sesgo/error en el total anual, calculado a partir del sesgo/error interanual promedio para cada estación.

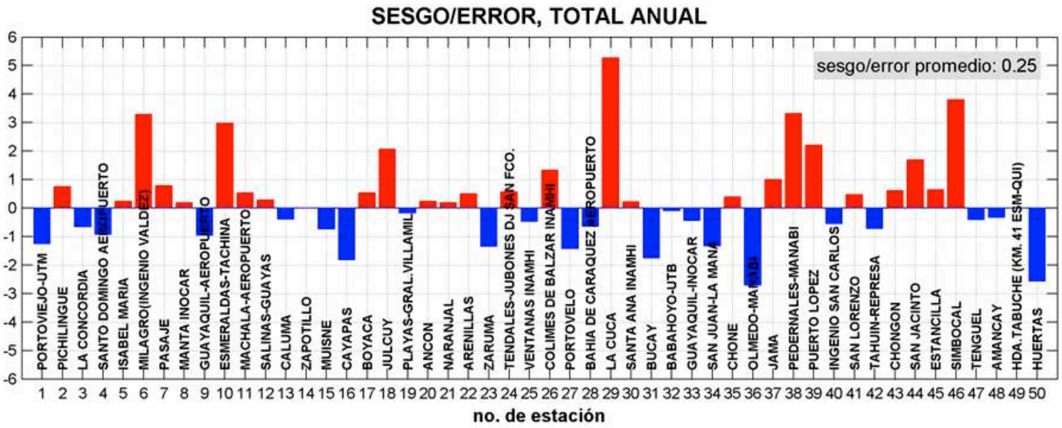
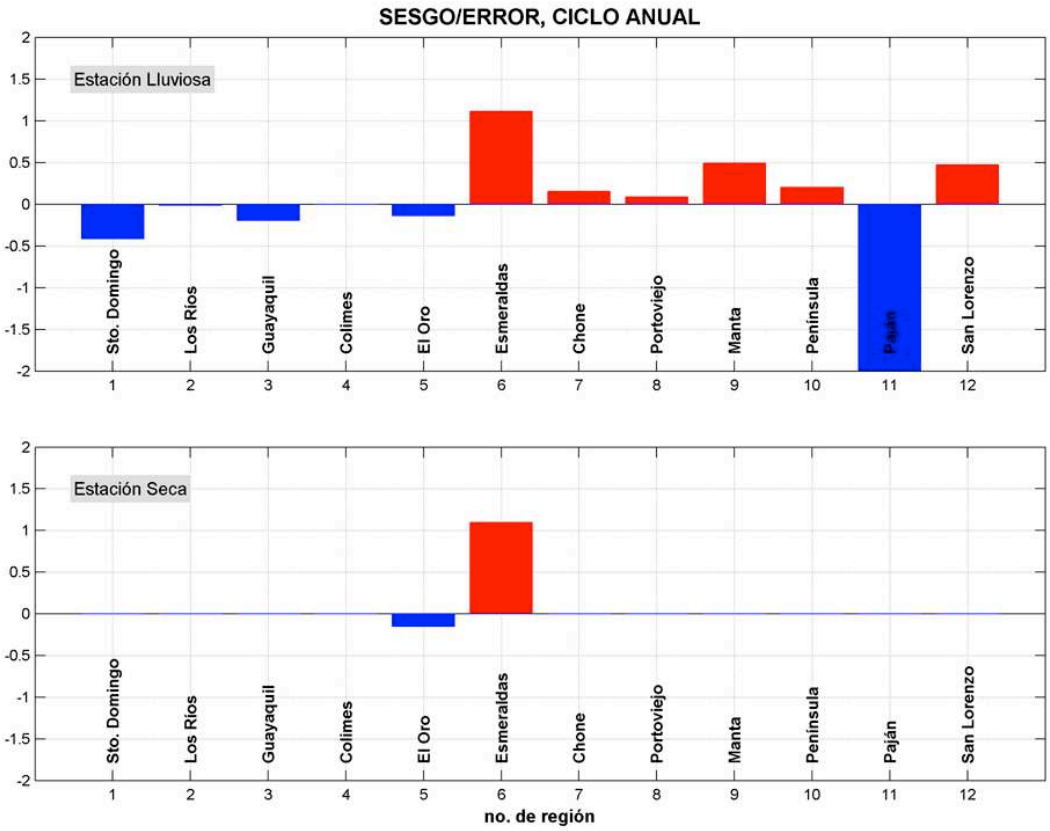


Tabla 2.3 Resultados del proceso de validación por total anual. Las unidades están dadas en mm/año, a excepción de la correlación.

NO.	ESTACION	SESGO	SESGO / ERROR	CORREL $\alpha = 0.05$
1	PORTOVIEJO-UTM	-33.85	-1.25	1.00
2	PICHILINGUE	61.53	0.75	1.00
3	LA CONCORDIA	-130.39	-0.65	0.99
4	SANTO DOMINGO AEROPUERTO	-204.31	-0.92	0.97
5	ISABEL MARIA	93.86	0.23	0.95
6	MILAGRO(INGENIO VALDEZ)	398.87	3.28	0.97
7	PASAJE	203.24	0.78	0.87
8	MANTA INOCAR	12.86	0.19	0.93
9	GUAYAQUIL AEROPUERTO	-170.53	-0.95	0.98
10	ESMERALDAS-TACHINA	466.59	2.98	0.94
11	MACHALA AEROPUERTO	71.90	0.52	0.95
12	SALINAS-GUAYAS	17.70	0.29	0.92
13	CALUMA	-160.90	-0.39	0.97
14	ZAPOTILLO	-0.84	-0.01	0.95
15	MUISNE	-315.34	-0.74	0.99
16	CAYAPAS	-107.02	-1.82	1.00
17	BOYACA	106.94	0.53	0.94
18	JULCUY	461.06	2.06	0.92
19	PLAYAS-GRAL.VILLAMIL	-13.36	-0.17	0.96
20	ANCON	44.82	0.24	0.89
21	NARANJAL	42.27	0.19	0.95
22	ARENILLAS	43.30	0.50	0.97
23	ZARUMA	-410.60	-1.34	0.93
24	TENDALES-JUBONES DJ SAN FCO.	246.05	0.56	0.93
25	VENTANAS INAMHI	-84.91	-0.48	1.00
26	COLIMES DE BALZAR INAMHI	43.20	1.33	1.00
27	PORTOVELO	-264.84	-1.42	0.96
28	BAHIA DE CARAQUEZ AEROPUERTO	-52.37	-0.64	0.98
29	LA CUCA	175.05	5.27	0.96
30	SANTA ANA INAMHI	56.43	0.21	0.91
31	BUCAY	-451.84	-1.75	0.98
32	BABAHOYO-UTB	-58.73	-0.10	0.95
33	GUAYAQUIL-INOCAR	-77.96	-0.44	0.97
34	SAN JUAN-LA MANA	-260.80	-1.33	0.97
35	CHONE	58.93	0.39	0.97
36	OLMEDO-MANABI	-572.12	-2.71	0.98
37	JAMA	293.12	1.00	0.93
38	PEDERNALES-MANABI	231.08	3.31	0.99
39	PUERTO LOPEZ	219.62	2.21	0.91
40	INGENIO SAN CARLOS	-76.14	-0.55	0.94
41	SAN LORENZO	93.67	0.48	0.98
42	TAHUIN-REPRESA	-63.86	-0.72	0.97
43	CHONGON	201.85	0.62	0.97
44	SAN JACINTO	99.94	1.69	0.91
45	ESTANCILLA	51.78	0.64	0.94
46	SIMBOCAL	207.84	3.80	0.97
47	TENGUEL	-80.69	-0.41	0.93
48	AMANCAY	-171.33	-0.33	0.94
49	HDA.TABUCHE (KM. 41 ESM-QUI)	192.87	Inf	0.99
50	HUERTAS	-1625.41	-2.57	0.91

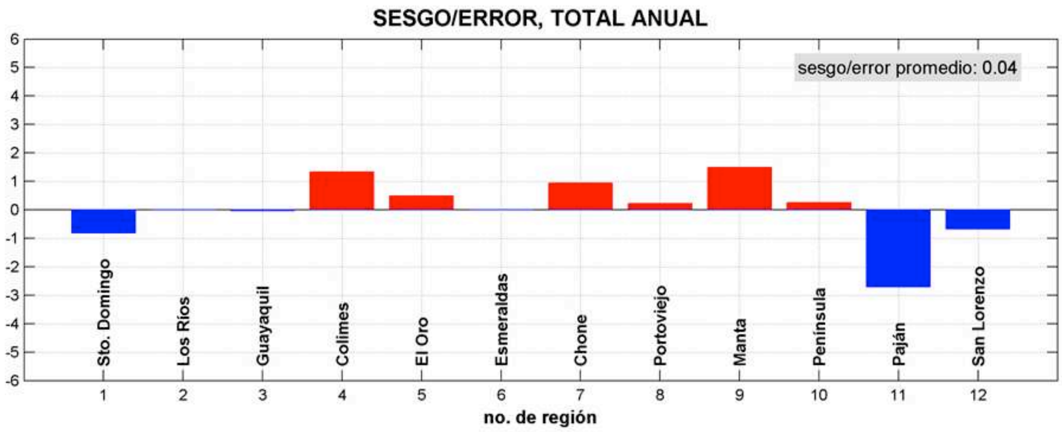
El sesgo/error agrupado por regiones pluviométricas (Rossel *et al.*, 1998), calculado a partir de los resultados obtenidos para cada estación meteorológica (tablas 2.2 - 2.3 y figuras 2.12 - 2.13), promediándolos luego según correspondan a las 12 regiones costeras, muestra que la región 11 Paján acumula los mayores cocientes de sesgo/error, en la estación lluviosa del ciclo anual y en el total anual (figuras 2.14 y 2.15), alcanzando valores de -2 y -2.80, respectivamente; seguido por Esmeraldas (ciclo anual, +1.20 E. lluviosa y +1.20 E. Seca). En el resto de regiones, es significativo que en el ciclo anual todas de las regiones en estudio se ubican en la banda de ±1 (excepto Paján y Esmeraldas). Es común aceptar que dentro de estos valores, el sesgo/error se explica por la variabilidad natural de la serie.

Figura 2.14 Sesgo/error en el ciclo anual, calculado a partir del sesgo/error promedio para cada región pluviométrica, por estación climática.



Para el caso de los totales anuales, Colimes y Manta tienen valores de este cociente cercanos a +1.5 (figura 2.15). Para toda la serie, el sesgo/error promedio es de 0.04. Es probable que los altos valores de sesgo/error en la región 11, guiados por lo obtenido en la estación Olmedo-Manabí, estén asociados al hecho de que el punto más cercano escogido para la validación de dicha estación esté al otro lado de la cordillera costera (ver figura 2.11), situación *sui-generis* que se presenta sólo en este caso.

Figura 2.15 Sesgo/error en el total anual, calculado a partir del sesgo/error interanual promedio para cada región pluviométrica.



La tendencia del conjunto de datos INAMHI12k en los totales anuales, al igual que en el ciclo anual, es a subestimar las lluvias en -22.22 mm (equivalente a 0.25 en términos de sesgo/error, figura 2.13) con respecto a los datos observados. Adicionalmente, del análisis de correlación se desprende que, bajo ambas modalidades de análisis, las series de tiempo observadas e interpoladas están fuertemente correlacionadas al 95% de confianza. Regionalmente, el cociente sesgo/error denota un buen ajuste del conjunto de datos interpolados, a pesar de lo obtenido en la región Paján.

Los resultados obtenidos validan efectivamente al INAMHI12k como el conjunto de datos patrón, lo que permitirá contrastar sus regímenes contra los productos de precipitación UDEL, GPCC y CRU para el estudio de evaluación/validación propuesta en esta tesis.

CAPITULO 3

3. METODOLOGÍA DE COMPARACIÓN

3.1 Esquema de análisis

El análisis propuesto está basado, principalmente, en la comparación de las diferencias (también llamada sesgo) y de las correlaciones espacio-temporales (Bosilovich *et al.*, 2007) del ciclo anual y de los totales anuales de precipitación entre los productos y el conjunto de datos patrón (referencial), dividiéndose para ello el estudio en tres partes principales: (1) sobre cada punto de grilla (análisis espacial de los totales anuales promedio, sesgo y sesgo/error de los totales anuales promedio, tabla 3.1); (2) por región (análisis regional del ciclo anual y de los totales anuales por zonas de precipitación homogéneas, y su correspondiente sesgo, sesgo/error y correlación, tabla 3.2); y (3) por eventos de El Niño (comprendido dentro del análisis regional del sesgo del total anual de las serie de tiempo de precipitación correspondiente a los tres eventos El

Niño y tres eventos La Niña más fuertes que ocurrieron durante el período en estudio, tabla 3.2).

Los datos fueron filtrados para su uso en el análisis regional del ciclo anual (2) con un filtro Butterworth pasa-banda de 3-12 meses de período, removiendo de esta manera el ruido inherente a la variabilidad interanual asociada comúnmente al ciclo ENOS, mientras que para el estudio del régimen pluviométrico durante eventos El Niño (3), la modalidad del filtro aplicado es pasa-banda, pero con un período de corte de 24-120 meses (aislando las oscilaciones cuasi-bienales e inter-decadales). Para el análisis de los totales anuales (análisis espacial y regional), los datos de cada producto y del conjunto de datos de referencia no fueron filtrados.

Para evaluar la diferencia de las series de tiempo de precipitación (mm/mes) completa y por estación climática, para cada región y punto de grilla, se usó el test de varianza no-paramétrico de Kruskal-Walllis (Conover, 1980). La suposición detrás de este test es que las mediciones se ajustan a una misma distribución, pero no necesariamente a una distribución normal (el régimen de precipitación en la costa ecuatoriana es comúnmente explicado como una distribución gamma o chi-cuadrado, Eclima, 2000). El test de Kruskal-Wallis fue ejecutado sobre cada punto de grilla de la serie de precipitación en estación seca y lluviosa, y por región (promedio espacial del ciclo anual), definiéndose por estación seca los meses entre mayo y noviembre; y por estación lluviosa desde diciembre a abril (Bendix y Lauer, 1992; Hernández y Zambrano, 2007).

Tabla 3.1 Resumen de la metodología de comparación entre los productos de precipitación y el conjunto de datos referencial INAMHI12k correspondiente al análisis espacial (por punto de grilla).

ANÁLISIS ESPACIAL	DESCRIPCIÓN	HERRAMIENTAS	TIPO DE FILTRO	PERÍODO DE FILTRO	CAPÍTULO
1 Serie de Tiempo de Precipitación	Valores mensuales de precipitación en mm, 64-94	Test Kruskal-Wallis	-	-	4.1.1
2 Serie de Tiempo de Precipitación por Estación	Valores mensuales de precipitación. en mm, dispuestos por estación climática, 64-94	Test Kruskal-Wallis	-	-	4.1.2
3 Total Anual	Media interanual de la sumatoria de la precipitación anual	Media/Des.Estándar Sesgo Sesgo/Error	-	-	4.1.3

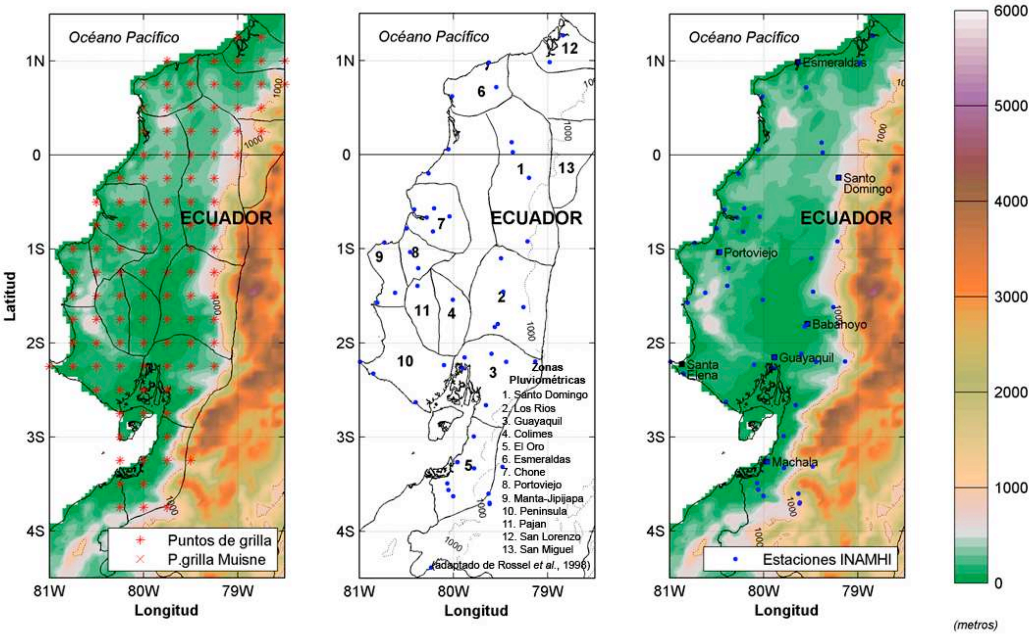
Tabla 3.2 Resumen de la metodología de comparación entre los productos de precipitación y el conjunto de datos referencial INAMHI12k correspondiente al análisis regional (por región homegénea de precipitación).

ANÁLISIS REGIONAL	DESCRIPCIÓN	HERRAMIENTAS	TIPO DE FILTRO	PERÍODO DE FILTRO	CAPÍTULO
1 Serie de Tiempo de Precipitación	Valores mensuales de precipitación en mm, 64-94	Test Kruskal-Wallis	-	-	4.2.1
2 Serie de Tiempo de Precipitación por Estación	Valores mensuales de precipitación en mm, dispuestos por estación climática, 64-94	Test Kruskal-Wallis	-	-	4.2.2
3 Ciclo Anual	Medias mensuales para cada mes del año	Media/Des.Estándar Sesgo Sesgo/Error Correlación	Pasa-banda	3-12 meses	4.2.3
4 Total Anual	Sumatoria de la precipitación anual para cada año de registro	Media/Des.Estándar Sesgo Sesgo/Error Correlación	-	-	4.2.4
5 Eventos ENOS	Registro de precipitación mensual para el año -1, 0 y +1	Media/Des.Estándar Sesgo Sesgo/Error Correlación	Pasa-banda	24-120 meses	4.2.5

3.2 Zonas pluviométricas de la costa ecuatoriana

Rossel *et al.* (1998) definió 18 zonas pluviométricas homogéneas a partir de 210 registros de precipitación homogenizados por el método de “vector regional”. Según Brunet-Moret (1979), las variaciones interanuales de cada zona pueden ser representadas por una serie de valores denominados “vectores regionales”, cuyas componentes son equivalentes a una media ponderada de anomalía pluviométrica de cada estación. La utilización de esta metodología permitió dividir a la costa ecuatoriana en 13 zonas pluviométricas homogéneas (figura 3.1).

Figura 3.1 Ubicación de las estaciones meteorológicas con registros pluviométricos usados en este estudio (derecha). Zonas de precipitación homogénea, de acuerdo a Rossel *et al.*, 1998 (centro). Puntos de la grilla base de 0.25° definidos para la zona costera ecuatoriana (izquierda).



En la tabla 3.3 se exponen las principales características de las regiones pluviométricas en cuanto a densidad de estaciones meteorológicas y densidad de puntos de grilla para la grilla costera base de 0.25°. Para efectos prácticos, este estudio se concentrará en las regiones de Santo Domingo, Los Ríos, Guayaquil, Colimes, El Oro, Esmeraldas, Chone, Portoviejo, Manta, Península, Paján y San Lorenzo, dejando fuera del análisis a San Miguel, debido a que presenta las menores densidades de cobertura de estaciones y de puntos de grilla (0 y 7.16, tabla 3.3); además de que gran parte de su área está por sobre los 1350 msnm, altura límite del presente trabajo

Tabla 3.3 Descripción de las regiones pluviométricas de la costa ecuatoriana usadas en el análisis regional.

	NO. DE ESTACs. METEORs.*	NO. DE PUNTOS DE GRILLA	ÁREA ESTIMADA** (km^2)	DENSIDAD (estaciones / 10,000 km^2)	DENSIDAD (puntos de grilla / 10,000 km^2)
1 Santo Domingo	4	13	12,361.92	3.24	10.52
2 Los Ríos	5	10	5,606.18	8.92	17.84
3 Guayaquil	7	11	5,373.14	13.03	20.47
4 Colimes	1	4	3,025.51	3.31	13.22
5 El Oro	6	9	4,005.08	14.98	22.47
6 Esmeraldas	2	4	3,911.00	5.11	10.23
7 Chone	5	6	4,725.22	10.58	12.70
8 Portoviejo	3	4	2,182.55	13.75	18.33
9 Manta	3	3	2,654.96	11.30	11.30
10 Península	3	11	5,627.51	5.33	19.55
11 Paján	1	4	2,566.65	3.90	15.58
12 San Lorenzo	2	5	3,126.48	6.40	15.99
13 San Miguel	0	3	4,188.02	0.00	7.16

* Número de Estaciones Meteorológicas.
** Estimada bajo un esquema de cálculo de área por polígonos basado en AutoCAD©.

3.3 Filtrado de las series de tiempo

Para las diferentes situaciones propuestas (tablas 3.1 y 3.2), se plantea la remoción de las frecuencias de los datos a través del filtrado de las series de tiempo, dejando aquellas frecuencias de interés para trabajar sobre ellas. El filtro seleccionado para su aplicación en este estudio es el de Butterworth, perteneciente al tipo de filtros no-recursivos, también conocidos como Respuesta de Impulso Infinita IIR (Infinite Impulse Response). Mesquita y Halldórsdóttir (2005), demostraron que, para el estudio de señales geofísicas (como precipitación), el filtro de Butterworth representa una elección razonable para los períodos de filtrado propuestos.

El filtro de Butterworth es uno de los filtros digitales más básicos, diseñado para producir la respuesta más plana posible hasta la frecuencia de corte. Dicho de otra manera, la salida se mantiene constante casi hasta la frecuencia de corte, luego disminuye a razón de 20*n* *dB* por década (ó ~6*n* *dB* por octava), donde *n* es el número de polos del filtro.

Si llamamos *H* a la respuesta en frecuencia, se debe cumplir que las *2N-1* primeras derivadas de $|H(\Omega)|^2$ sean cero para $\Omega = 0$ y $\Omega = \infty$. La función de transferencia para este tipo de filtro es:

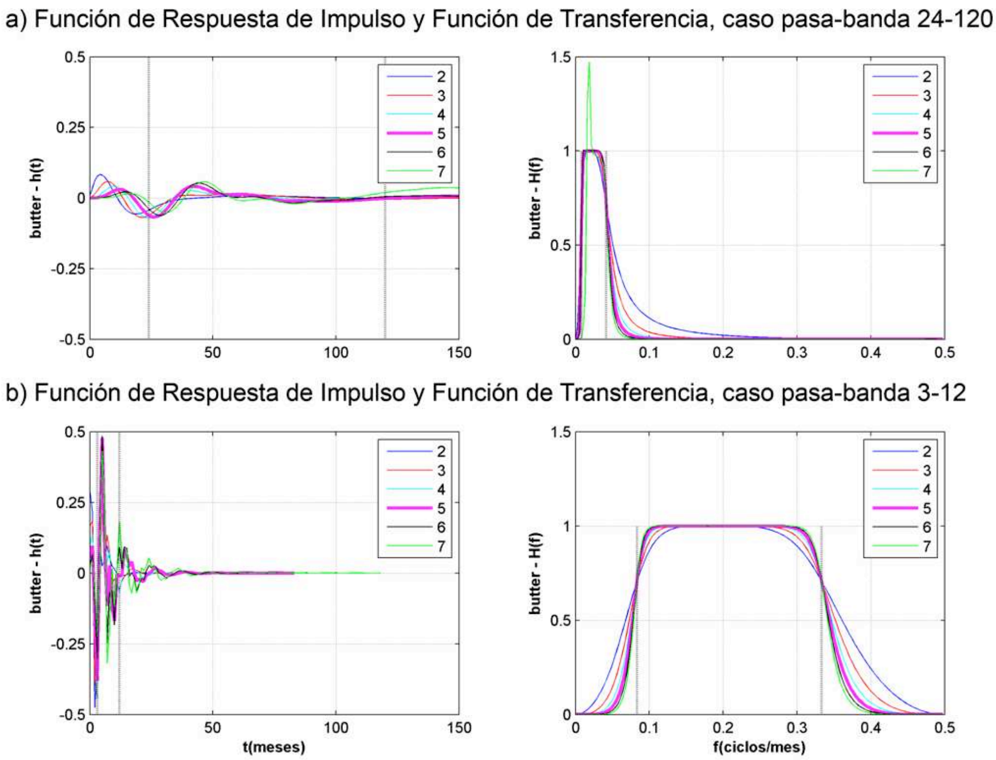
$$|H(\Omega)|^2 = \frac{1}{1 + (\Omega / \Omega_c)^{2N}}$$

donde N es el orden del filtro, Ω_c es la frecuencia de corte (en la que la respuesta cae 3 *dB* por debajo de la banda pasante) y Ω es la frecuencia analógica compleja ($\Omega = j\, w$).

Los filtros implementados en este estudio están basados en las funciones MATLAB *butter.m* y *filtfilt.m* (Filter Design Toolbox y Signal Processing Toolbox, respectivamente). La función *filtfilt.m* filtra los datos dado los coeficientes a_i y b_i, correspondientes a la función de transferencia . Como filtro del tipo recursivo, en el filtro Butterworth el primer valor del coeficiente a_i es $a_0 = 1$. De la misma manera, la frecuencia de corte es aquella frecuencia en la cual la magnitud de respuesta del filtro es $\sqrt{1/2}$, siendo este valor normalizado dentro de la función entre 0 y 1, donde 1 corresponde a la frecuencia Nyquist, π radianes por muestra.

De acuerdo a ensayos realizados con varios órdenes n de filtro, se resolvió trabajar con el orden 5 (figura 3.2), en cuya función de transferencia *H(f)* para los casos analizados demostró una respuesta más cercana a la frecuencia de corte seleccionada (Anexos B y C, función de respuesta de impulso y función de transferencia para los casos pasa-banda de 3-12 y 24-120 meses por regiones pluviométricas homogéneas).

Figura 3.2 Función de respuesta de impulso y función de transferencia para una serie de tiempo de precipitación “monitor” (punto de grilla 119 del conjunto de datos INAMHI12k, cercano a Esmeraldas), ejecutados bajo distintos órdenes. La frecuencia de corte es de 1/120-1/24 ciclos/mes (a, pasa-banda) y 1/12-1/3 ciclos/mes (b, pasa-banda).



3.4 Sesgo (*Bias*)

El sesgo es definido como la diferencia entre el valor esperado por el estimador y el valor real del parámetro que está siendo estimado. Dentro de este estudio, se definiría como la diferencia entre los productos de precipitación evaluados y el conjunto de datos "patrón" o de referencia. En términos de formulación, el sesgo se traduce como:

$$S = X_{Est.} - X_{Obs.}$$

en donde $X_{Est.}$ y $X_{Obs.}$ están en función de los datos estimados y observados, respectivamente. Esto a su vez puede ser interpretado como "el valor esperado de la diferencia entre el estimador y el valor real".

3.5 Sesgo / Error

Teniendo como base el concepto de sesgo, y los preceptos de propagación de error, se plantea el uso del cociente de sesgo / error, siendo el error derivado del sesgo el único error calculado de todo el estudio. La fórmula aplicada es la siguiente:

$$S_{error} = \frac{X_{Est.} - X_{Obs.}}{\sigma^2_{Est.} - 2\,\sigma_{Est.Obs.} + \sigma^2_{Obs.}}$$

correspondiendo al término del numerador el sesgo y al denominador el error propagado del sesgo, donde:

$\sigma^2_{Est.}$ = Varianza de los datos estimados (productos).

$2\,\sigma_{Est.Obs.}$ = Covarianza de los datos estimados y observados.

$\sigma^2_{Obs.}$ = Varianza de los datos observados (referencia).

1) Para el ciclo anual estos términos deben de ser calculados para cada mes, es decir que hay una varianza para cada uno de los doce meses (enero, febrero…diciembre), de los valores observados (INAMHI12k) y de los tres productos evaluados (CRU, GPCC y UDEL); así como tres covarianzas (INAMHI12k-CRU, INAMHI12k-GPCC, INAMHI12k-UDEL) por mes.
2) Mientras que en el total anual se tiene la varianza de todos los totales anuales (31 años) del conjunto de datos observados y de los

productos evaluados (cuatro valores en total), así como las tres covarianzas respectivas.

Los valores del cociente sesgo/error que fluctúan dentro de ±1 corresponden a la variabilidad natural; aquellos valores fuera de esta banda deberán ser explicados como resultado de otros procesos o de la calidad de los datos.

3.6 Correlación Espacio-Temporal

Los coeficientes de correlación *R* obtenidos para determinar el grado de relación lineal entre los distintos productos evaluados con respecto al conjunto de datos patrón bajo distintas situaciones, se obtuvieron a partir de su relación con una matriz de covarianza por medio de la expresión:

$$R(i,j) = \frac{C(i,j)}{\sqrt{C(i,i)C(j,j)}}$$

siendo C igual a la covarianza de las muestras. Bajo esta formulación, se tiene como resultado la función de covarianza normalizada con rezago cero.

Los coeficientes de correlación fueron derivados a través de la función MATLAB *corrcoef.m*. El nivel de confianza de los resultados, obtenidos a partir del cómputo de valores-*p* de probabilidades (*P*), permite probar la hipótesis de no correlación. Cada valor-*p* corresponde a la probabilidad de tener una correlación tan alta como el valor observado por casualidad "aleatoria", donde la correlación positiva es cero. Si el valor de *P(i,j)* es pequeño (menor a 0.05), entonces la correlación *R(i,j)* es significante.

El valor-*p* es calculado transformando la correlación para crear un estadístico *t* de *n*-2 grados de libertad, donde *n* es el número de observaciones de *X*. Los límites de confianza son basados en una distribución normal asintótica de $0.5 * \log\left[(1+R)/(1-R)\right]$, con una varianza aproximada de $1/(n-3)$. Estos límites son muy precisos para muestras largas cuando *X* tiene una distribución normal multivariada.

3.7 Test de varianza Kruskal-Wallis

El Test de Kruskal-Wallis es un método diseñado para comparar varias muestras aleatorias de una misma población, independientes entre sí, que puede ser usado como una alternativa no-paramétrica del test ANOVA (Análisis de Varianza) de una sola vía.

Como test no paramétrico, éste no asume la normalidad de los datos, en contraste con la prueba ANOVA. Si se asume, bajo la hipótesis nula, de que los datos provienen de una misma distribución.

El fundamento estadístico de este test se basa, en primera instancia, en ordenar todos los datos de menor a mayor, asignando al menor un rango de 1, al segundo un 2, y así hasta el n-ésimo. Si existen datos que se repiten, se asigna el rango promedio a cada uno de ellos. El estadístico *T* es entonces definido por:

$$T = \frac{1}{S^2}\left(\sum_{i=1}^{k}\frac{R_i^{\,2}}{n_i} - \frac{N(N+1)^2}{4}\right)$$

donde:

$N = \sum_{i=1}^{k} n_i$ = número total de observaciones entre todos los grupos

$R_i = \sum_{j=1}^{n_i} R(X_{ij})$ $\quad i = 1, 2, \ldots, k$ = sumatoria de los rangos asignados a la muestra k-ésima. Además:

$$S^2 = \frac{1}{N-1}\left(\sum_{all\ ranks} R(x_{ij})^2 - N\frac{(N+1)^2}{4} \right)$$

Si no hay *S*^{2} iguales, la expresión se simplifica a $N(N+1)/12$; y el estadístico del test se reduce a:

$$T = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^{k} \frac{R_i^{\ 2}}{n_i} - 3(N+1)$$

Si el número de valores igualmente categorizados es moderado existirá una pequeña diferencia entre *N* y R_i, así que la ecuación simplificada *T* puede ser utilizada. Conover (1980) ofrece el desarrollo completo de esta formulación, inclusive su aproximación a la distribución chi-cuadrado, fundamentado en el trabajo de Kruskal y Wallis (1952), y Kruskal y Wallis (1953).

La aplicación de este test se implementó a través de la función MATLAB *kruskalwallis.m* (disponible en el Statistics Toolbox), en donde las muestras *k* son cada uno de los productos de precipitación evaluados. El planteamiento de la hipótesis es como sigue:

> H_o: Todas las funciones de distribución de las poblaciones *k* son idénticas
>
> H_1: Al menos una de las poblaciones tiende a producir observaciones con valores más grandes que al menos una de las otras poblaciones.

A causa de que este test es muy sensible acerca de las diferencias entre medianas en las poblaciones *k*, la hipótesis alterna es algunas veces enunciada como:

H_1: Las poblaciones *k* no tienen medianas idénticas.

Como resultado, *kruskalwallis.m* genera valores de probabilidad *p*, asociados al estadístico chi-cuadrado. Si el valor-*p* es cercano a cero, se rechaza la hipótesis nula. Se estableció que si el valor-*p* es menor a 0.05, la hipótesis alterna es juzgada como "estadísticamente significante".

CAPITULO 4

4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Cedeño y Cornejo-Grunauer (2008) analizaron previamente las variaciones espaciales del total anual de los tres productos en estudio (GPCC, UDEL y CRU), así como el ciclo anual para cinco regiones pluviométricas de la costa ecuatoriana; trabajo que se ve complementado ahora con la inclusión en detalle de los resultados del test de Kruskal-Wallis por punto de grilla (capítulos 4.1.1 y 4.1.2) y por cada región pluviométrica (capítulos 4.2.1 y 4.2.2), de la extensión del análisis regional del ciclo anual para las 12 regiones pluviométricas representativas de la costa (capítulos 4.2.3), además del análisis regional del total anual (capítulos 4.2.4) y para seis eventos ENOS (tres años correspondientes a la fase cálida o El Niño y tres años a la fase fría o La Niña, capítulos 4.2.5). Se adicionó, además, el cálculo del cociente sesgo/error para los análisis espacial y regional; y se cambio la definición de la duración de la estación seca y lluviosa. Cedeño y Cornejo-Grunauer (2008) afirmaban, en base a datos observados, que la estación lluviosa duraba de diciembre a mayo[1]; no obstante Bendix y Lauer (1992), y más recientemente Hernández y Zambrano (2007), basándose en la metodología propuesta por Alfaro y Cid (1999), definen a esta estación entre diciembre y abril, correspondiendo a los meses restantes la estación seca que afecta al procedimiento de validación (capítulo 2) y a los resultados del test Krukal-Wallis por estación climática en el análisis espacial y regional.

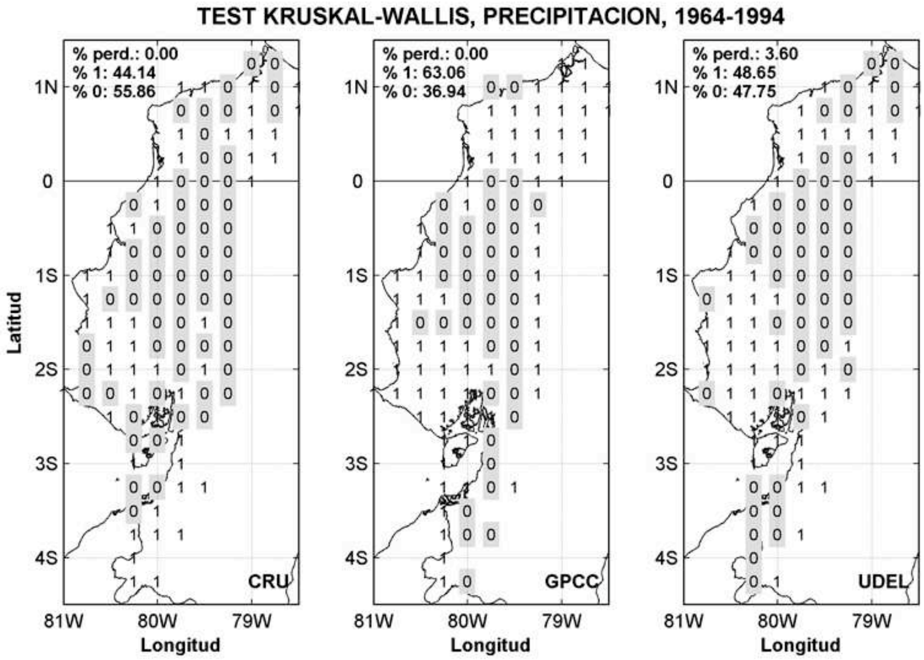
4.1 Evaluación de las variaciones espaciales de precipitación

4.1.1 Serie de tiempo de precipitación

En la figura 4.1 se presentan los resultados del test de Kruskal-Wallis, aplicado a toda la serie de tiempo de precipitación (mm/mes) por cada punto de grilla. Se puede observar que las áreas en donde se presentan diferencias estadísticamente significativas (representadas por el 1) están comúnmente relacionadas con las estribaciones andinas y de la cordillera costera. De igual manera, los tres productos tienden a reproducir mejor el régimen de precipitación observado en la cuenca del río Guayas. El producto CRU es el que tuvo un mejor desempeño en la comparación propuesta, con un 55.86% del área total de la costa sin diferencias significativas con respecto al INAMHI12k. En contraste, GPCC tuvo solo 36.94% y UDEL 47.75%.

[1] La Primera Comunicación Nacional sobre el Cambio Climático (Ministerio del Ambiente, 2001) define a la estación de lluvias entre diciembre y mayo, sin embargo, no presentan referencia alguna que soporte tal definición.

Figura 4.1 Test de Kruskal-Wallis para la serie de tiempo de precipitación. Las áreas en donde la hipótesis nula (H_o: las medianas son iguales) es rechazada, es marcada con unos (1). El porcentaje de aceptación/rechazo de la hipótesis nula es indicada en el extremo superior-izquierdo de cada panel, así como el porcentaje de área en el cual el test de Kruskal-Wallis no fue ejecutado.



En cuanto al porcentaje de puntos de grilla perdidos (% perd.), valor relacionado con la imposibilidad de ejecutar el test de Kruskal-Wallis, UDEL fue el único que registró este tipo de pérdidas, debido a que la grilla original de 0.5º cubría muchos menos puntos sobre el borde costero, provocando que durante la interpolación Kriging a 0.25º ésta genere, en gran parte de los casos, valores no numéricos (NaNs). Éste es una de las desventajas de UDEL si se los compara con los otros productos (CRU y GPCC), que tienen una mejor cobertura sobre ésta área.

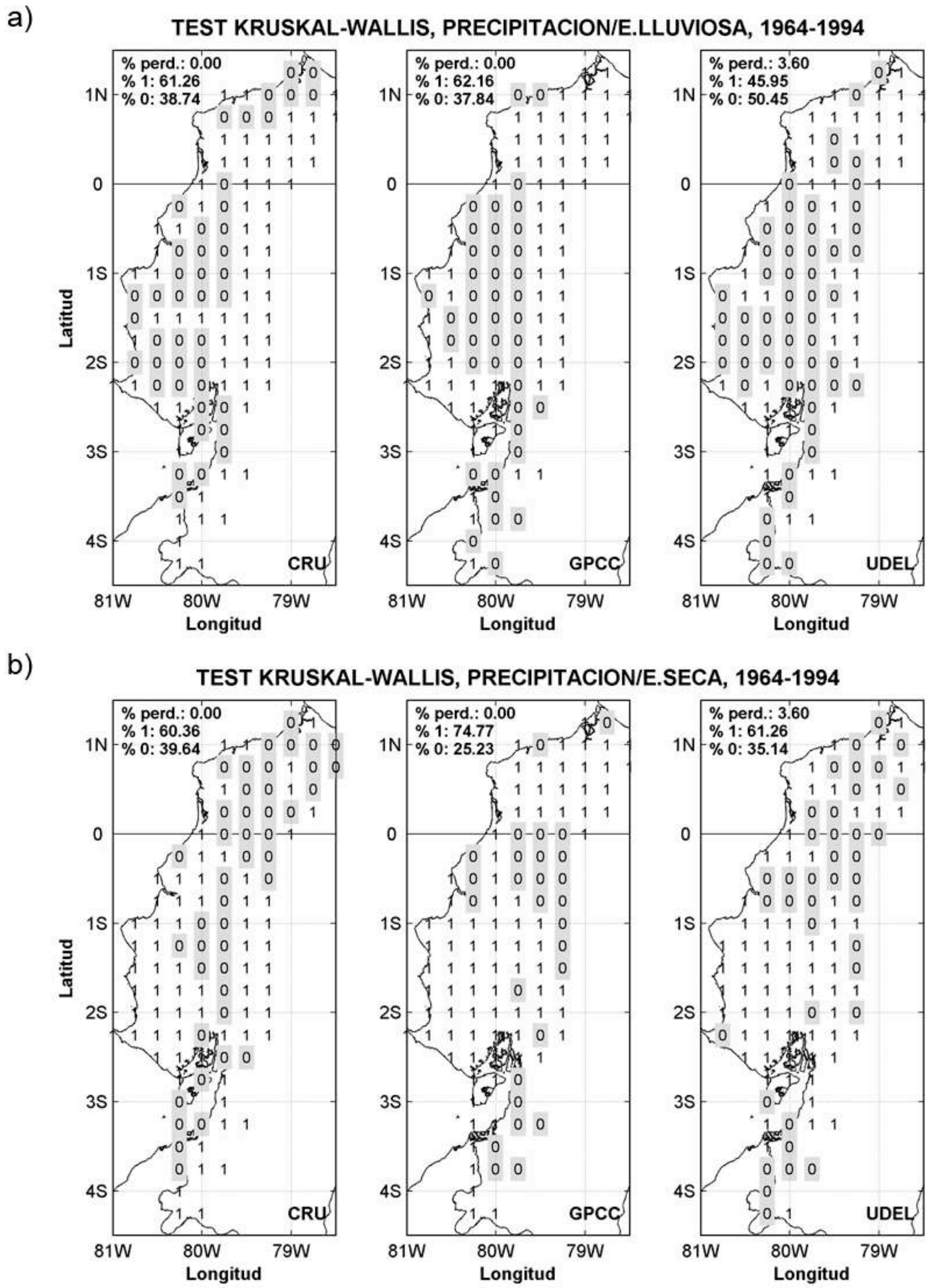
4.1.2 Serie de tiempo de precipitación por estación

Para este análisis, se extrajo de las series de tiempo de precipitación los valores correspondientes a los meses que conforman la estación lluviosa y seca, para cada punto de grilla, aplicándole luego el test de Kruskal-Wallis.

Los resultados muestran que en la estación lluviosa, los productos CRU y GPCC tuvieron desempeños similares en cuanto a cobertura de área en donde no existen diferencias aparentes con respecto al INAMHI12k (H_o, 38.7% - 37.8% de aceptación, figura 4.2a). El producto UDEL, en cambio, obtuvo un 50.45% de ceros (0s, aceptación de la H_o), asemejándose mucho más al conjunto de datos de referencia que los otros dos productos (figura 4.2a).

En cuanto a la estación seca, los valores cercanos a cero hicieron que aumentase la sensibilidad del test para detectar diferencias significativas entre los productos evaluados y el de referencia. La proporción de área en donde no se rechaza la hipótesis nula H_o se ubicó en torno al 35% (CRU 39.64%, GPCC 25.23% y UDEL 35.14%, figura 4.2), considerablemente más bajos que lo obtenido en la estación lluviosa y en la serie de tiempo de precipitación (figura 4.2b).

Figura 4.2 Test de Kruskal-Wallis para la serie de tiempo de precipitación por estación climática (a, estación lluviosa; b, estación seca).



4.1.3 Promedio de los totales anuales

Los promedios de los totales anuales, calculados como el promedio interanual del acumulado anual de precipitación por punto de grilla, son mostrados en la figura 4.3. La distribución espacial de la precipitación acumulada es consistente en todos los productos de precipitación aún cuando GPCC tiende a subestimar el total anual en San Lorenzo más que los otros productos. El promedio de los totales anuales del CRU son, de manera general, los más cercanos con respecto al conjunto referencial (Cedeño y Cornejo-Grunauer, 2008), aunque en el margen costero de Manabí y Esmeraldas las diferencias son llegan a ser altas (centradas a las ciudades de Chone y Esmeraldas, figura 4.4a). En las estribaciones andinas centrales y su zona de influencia (regiones de Santo Domingo y Los Ríos), el GPCC reporta valores de cerca de -1250 mm/año con relación al INAMHI12k. Esta situación es también cierta para un área localizada al SE de Los Ríos en el producto UDEL. Hacia el suroeste de la región de Esmeraldas, UDEL también muestra valores de sesgo de -1200 mm, en contraste con lo encontrado en el norte de Esmeraldas (-250 mm).

El cociente sesgo/error complementa los resultados encontrados en el sesgo, determinando diferencias apreciables en el producto CRU en la ciudad de Esmeraldas, y en el perfil costero de las regiones de Chone y Manta-Jipijapa (valores de -1.5). En el resto de la costa se puede apreciar que el sesgo/error oscila entre -1.5 y 1.5, a excepción de la región de San Miguel, que alcanza +2.5. GPCC obtuvo valores de sesgo/error altos en las estribaciones andinas y en el perfil costero de las regiones de Santa Elena y Chone, mientras que la distribución este cociente en UDEL es, a grandes rasgos, similar al del CRU. Las mayores diferencias de este producto son apreciadas en El Oro (-2), Chone (-1.5) y San Miguel (+3).

Figura 4.3 Promedio de los totales anuales de precipitación para cada uno de los productos evaluados y el INAMHI12k, en mm/año (adaptado de Cedeño y Cornejo-Grunauer, 2008).

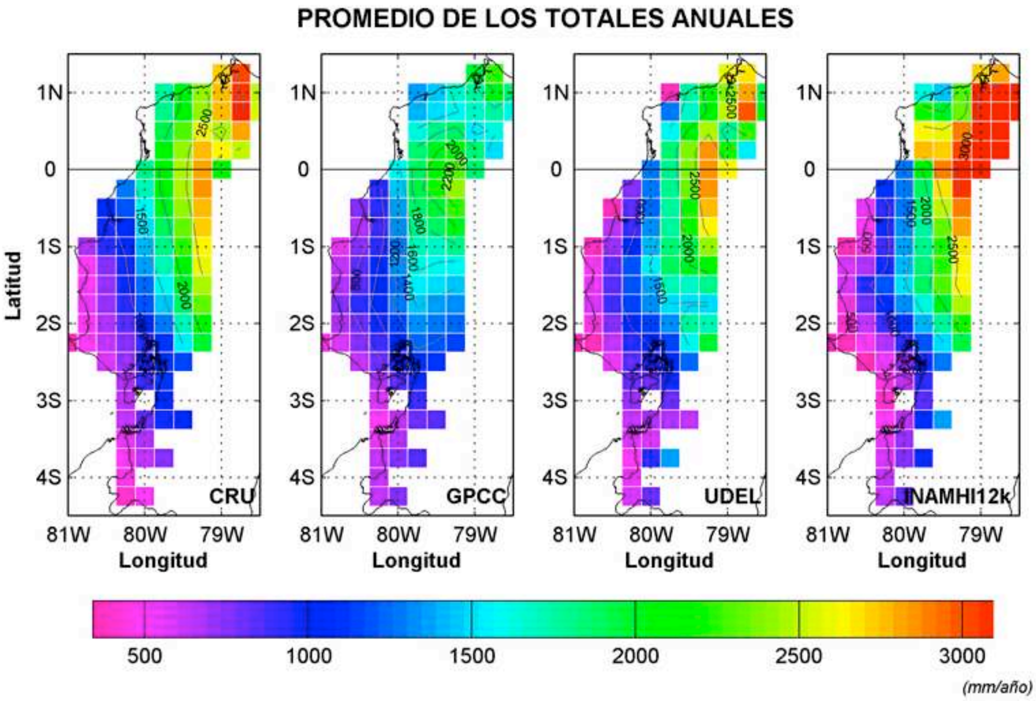
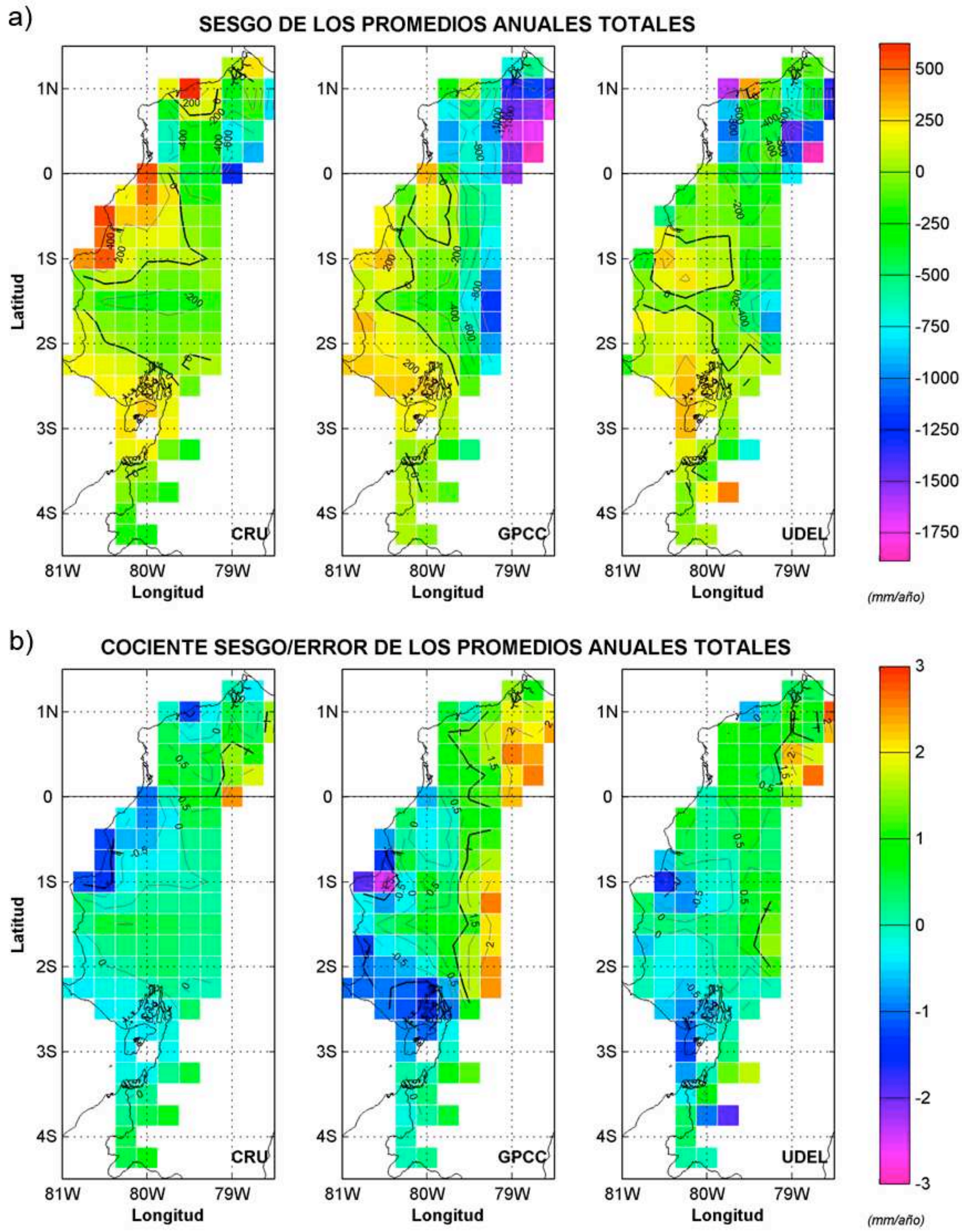


Figura 4.4 Sesgo (a) y Cociente sesgo/error (b) de los promedios de los totales anuales entre los productos de precipitación con respecto al conjunto de datos de referencia INAMHI12k, en mm/año (figura 4.4a adaptada de Cedeño y Cornejo-Grunauer, 2008).



4.2 Análisis Regional

4.2.1 Serie de tiempo de precipitación

Así como en el análisis espacial, se tomó la serie de tiempo de precipitación, en mm/mes, para ejecutar sobre ellas el test de Kruskal-Wallis, exponiéndose sus resultados en la tabla 4.1. La mayor proporción de aceptación de la hipótesis nula (H_o: las medianas son iguales) se encuentran en los productos CRU y GPCC, concentrándose en las regiones de Los Ríos, Guayaquil y Chone. El producto CRU obtuvo aciertos en donde el GPCC no lo hizo, como por ejemplo en las regiones de Sto. Domingo, Colimes y San Lorenzo; mientras que GPCC lo hizo en El Oro, Esmeraldas Paján. Comparativamente, el producto UDEL presentó un acierto menor con respecto al producto referencial INAMHI12k, registrándose cinco aciertos en las regiones de Santo Domingo, Los Ríos, El Oro, Esmeraldas, y Chone.

Esto presenta concordancia con lo que se pudo observar en el análisis espacial, en donde en las regiones 1 y 2 el CRU presentó menores diferencias en los promedios interanuales del total anual (expresados en el sesgo y en el cociente sesgo/error, figura 4.4). Los resultados obtenidos son corroborados, además, con el diagrama de cajas de las figuras 4.5 y 4.6, panel izquierdo (Test KW, Serie Total). Se puede apreciar diferencias significativas en la dispersión de los datos graficados en los diagramas de cajas para las regiones de Colimes, El Oro, Esmeraldas (en estas dos últimas, los datos del CRU son mucho más dispersos que sus pares del INAMHI12k), Portoviejo, Manta, Península (en éstas, la dispersión y longitud de la caja difieren con respecto al referencial) y San Lorenzo, en donde GPCC y UDEL ubican sus rangos terciles muy por debajo de INAMHI12k.

Tabla 4.1 Resultados del test de Kruskal-Wallis para la serie de tiempo de precipitación, en mm/mes, para las regiones pluviométricas de la costa ecuatoriana. Las regiones en donde la hipótesis nula (H_o: las medianas son iguales) es rechazada, es marcada con unos (1). La columna TOTAL muestra el resultado del test cuando es comparado, en su conjunto, los tres productos de precipitación con el INAMHI12k.

	CRU	**GPCC**	**UDEL**	**TOTAL**
1 Santo Domingo	0	1	0	0
2 Los Ríos	0	0	0	0
3 Guayaquil	0	0	1	1
4 Colimes	0	1	1	1
5 El Oro	1	0	0	1
6 Esmeraldas	1	0	0	1
7 Chone	0	0	0	0
8 Portoviejo	1	1	1	1
9 Manta	1	1	1	1
10 Península	1	1	1	1
11 Paján	1	0	1	1
12 San Lorenzo	0	1	1	1

Figura 4.5 Diagramas de caja para cada uno de los productos evaluados, y el conjunto de datos de referencia INAMHI12k; correspondientes a las regiones pluviométricas del 1-6.

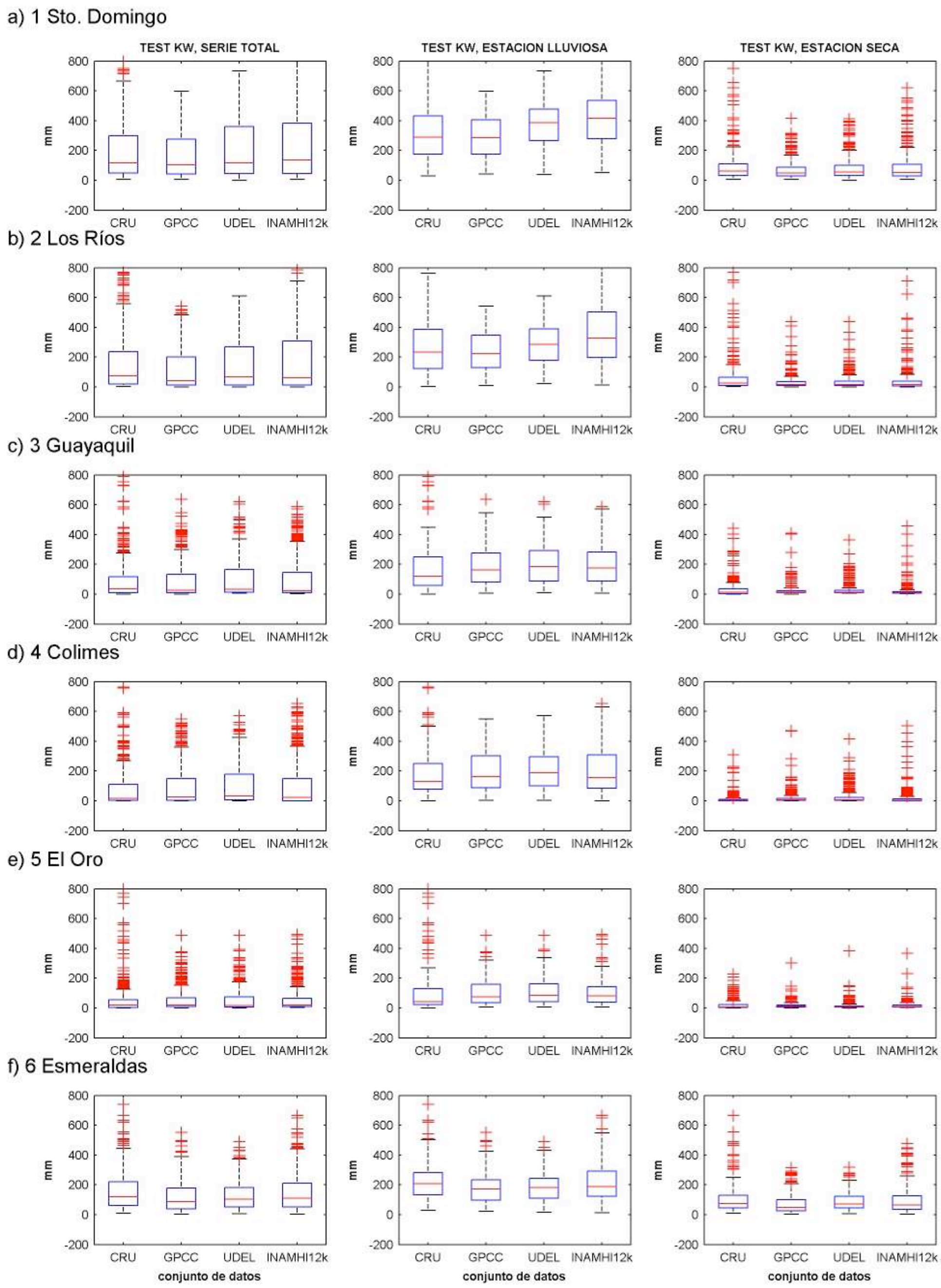
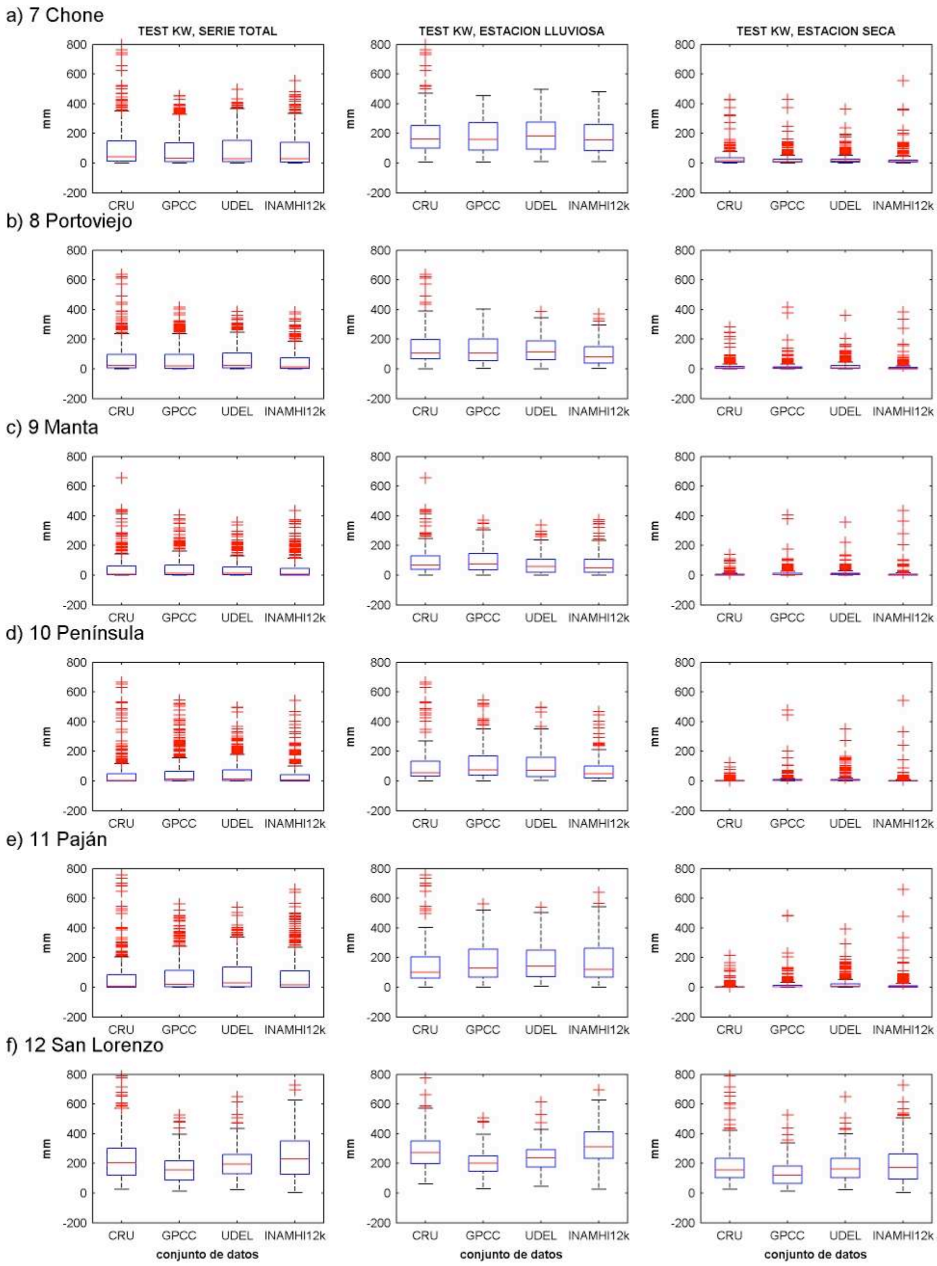


Figura 4.6 Igual que la figura 4.5, pero para las regiones pluviométricas del 7-12.



4.2.2 Serie de tiempo de precipitación por estación

De la serie de tiempo de precipitación en mm/mes, se extrajeron los valores correspondientes a la estación lluviosa (diciembre-abril) y seca (mayo-noviembre), para cada una de las regiones pluviométricas en estudio de la costa. Sobre esta serie de tiempo discriminada por estación climática, se aplicó el test de Kruskal-Wallis en la misma modalidad del capítulo 5.2.1. En ambas estaciones, se mantiene la tendencia de los productos GPCC y UDEL de no obtener diferencias significativas con respecto al conjunto de datos patrón INAMHI12k en las mismas regiones; así como el del CRU de presentar, para la estación seca, un conjuntos de datos con medianas muy similares. En la estación lluviosa, CRU no tuvo aciertos en Santo Domingo, Los Ríos y Guayaquil, como sí los había tenido en la serie de tiempo de precipitación sin discriminar (tabla 4.1). UDEL obtuvo, en la estación lluviosa, más regiones en donde se acepta la H_o (0s), fallando solamente en Los Ríos, Portoviejo, Península y San Lorenzo, esta última región en donde bajo las distintas modalidades de ejecución del test de Kruskal-Wallis, los productos casi siempre tienden a rechazar la H_o (exceptuándose el caso del mismo UDEL y CRU en la estación seca, tabla 4.3).

En cuanto a los diagramas de caja para dichas estaciones climatológicas (figuras 4.5 y 4.6, paneles centrales y derechos), la tendencia es casi la misma que para el análisis realizado para la serie de tiempo de precipitación. Se puede apreciar para la estación lluviosa que, en las regiones 1 y 2 (Sto. Domingo y Los Ríos), el CRU tiene una distribución de rangos inter-cuartiles y de máximos/mínimos muy similares al INAMHI12k, mientras que en el resto de estaciones GPCC y UDEL representan más adecuadamente lo dispuesto en el conjunto de datos referencial. Para el caso de la estación seca, la propensión del producto CRU a tener en su conjunto una mayor variabilidad de sus datos (expresados en término de su representación en los diagramas de caja correspondientes), es evidente sólo en las regiones de Esmeraldas y San Lorenzo (figuras 4.5 y 4.6).

Tabla 4.2 Resultados del test de Kruskal-Wallis para la serie de tiempo de precipitación (estación lluviosa), en mm/mes, para las regiones pluviométricas de la costa ecuatoriana. La columna TOTAL muestra el resultado del test cuando son comparados, en su conjunto, los tres productos de precipitación con el INAMHI12k.

	CRU	**GPCC**	**UDEL**	**TOTAL**
1 Santo Domingo	1	1	0	1
2 Los Ríos	1	1	1	1
3 Guayaquil	1	0	0	1
4 Colimes	0	0	0	0
5 El Oro	1	0	0	1
6 Esmeraldas	1	0	0	1
7 Chone	0	0	0	0
8 Portoviejo	1	1	1	1
9 Manta	1	1	0	1
10 Península	0	1	1	1
11 Paján	0	0	0	0
12 San Lorenzo	1	1	1	1

Tabla 4.3 Resultados del test de Kruskal-Wallis para la serie de tiempo de precipitación (estación seca), en mm/mes, para las regiones pluviométricas de la costa ecuatoriana. La columna TOTAL muestra el resultado del test cuando son comparados, en su conjunto, los tres productos de precipitación con el INAMHI12k.

	CRU	**GPCC**	**UDEL**	**TOTAL**
1 Santo Domingo	0	0	0	0
2 Los Ríos	1	0	0	1
3 Guayaquil	0	1	1	1
4 Colimes	0	1	1	1
5 El Oro	1	0	1	1
6 Esmeraldas	1	0	1	1
7 Chone	1	0	0	1
8 Portoviejo	1	1	1	1
9 Manta	1	1	1	1
10 Península	1	1	1	1
11 Paján	1	1	1	1
12 San Lorenzo	0	1	0	1

4.2.3 Ciclo Anual

El ciclo anual se obtiene a partir de los promedios mensuales de precipitación, en mm/mes, provenientes de las series de tiempo filtradas (pasa-banda 3-12 meses), que corresponden a cada una de las regiones pluviométricas de la costa ecuatoriana.

En las regiones de Santo Domingo, Los Ríos y San Lorenzo, el ciclo anual se ubica dentro de una desviación estándar bajo el promedio con respecto al INAMHI12k. Pese a ello, si se comparan el sesgo y el cociente sesgo/error, las diferencias obtenidas de los productos con respecto al conjunto de datos referencial entre las distintas regiones son consistentemente más altas que en el resto. Para estas dos regiones, el sesgo marca como máximo ~100 mm en la estación lluviosa, siendo los productos UDEL y CRU los que mejor representan los regímenes del ciclo anual. Las regiones de Portoviejo, Manta y Península presentan en proporción, menores valores de sesgo (+ 50 mm/mes en la estación lluviosa), resultando en valores de sesgo/error por debajo de -1. En cuanto a la correlación, éstos oscilan entre 0.9 en la estación lluviosa y 0.7 en la estación seca para GPCC y UDEL. Aún cuando CRU mantiene los valores de sesgo y sesgo/error más bajos, la correlación con respecto al conjunto de datos patrón es sostenidamente más baja que los otros productos, y en la gran mayoría de los casos, no es siquiera significativa al nivel de confianza propuesto (95%, figuras 4.7 y 4.8).

Para el resto de regiones, los productos exhiben un ajuste casi perfecto, en especial para las regiones de Guayaquil, Colimes, El Oro, Chone y Paján; en los cuales el cociente sesgo/error oscila entre ± 0.5, siendo el GPCC y CRU los que ajustan mejor al ciclo anual del conjunto de datos referencial. En estas regiones, los valores de correlación del GPCC y UDEL se encontraron entre 0.8 y 1, teniendo el producto CRU similar desempeño que en las regiones 1, 2 y 12 (esto es, bajas correlaciones).

Una característica común del producto CRU dentro del ciclo anual fue su pobre desempeño en el análisis de correlación. Es casi una constante las bajas correlaciones y, como se lo mencionó anteriormente, que en la mayoría de las regiones estas no sean estadísticamente significativas. En la región de San Lorenzo (12) ni siquiera este producto mostró correlación alguna, a pesar de que mostró los menores valores de sesgo y sesgo/error (figura 4.8).

Figura 4.7 Ciclo Anual, Sesgo, Sesgo/Error y Correlación (α = 0.05) para cada uno de los productos evaluados y el conjunto de datos de referencia INAMHI12k; correspondientes a las regiones pluviométricas del 1-6 (adaptado de Cedeño y Cornejo-Grunauer, 2008).

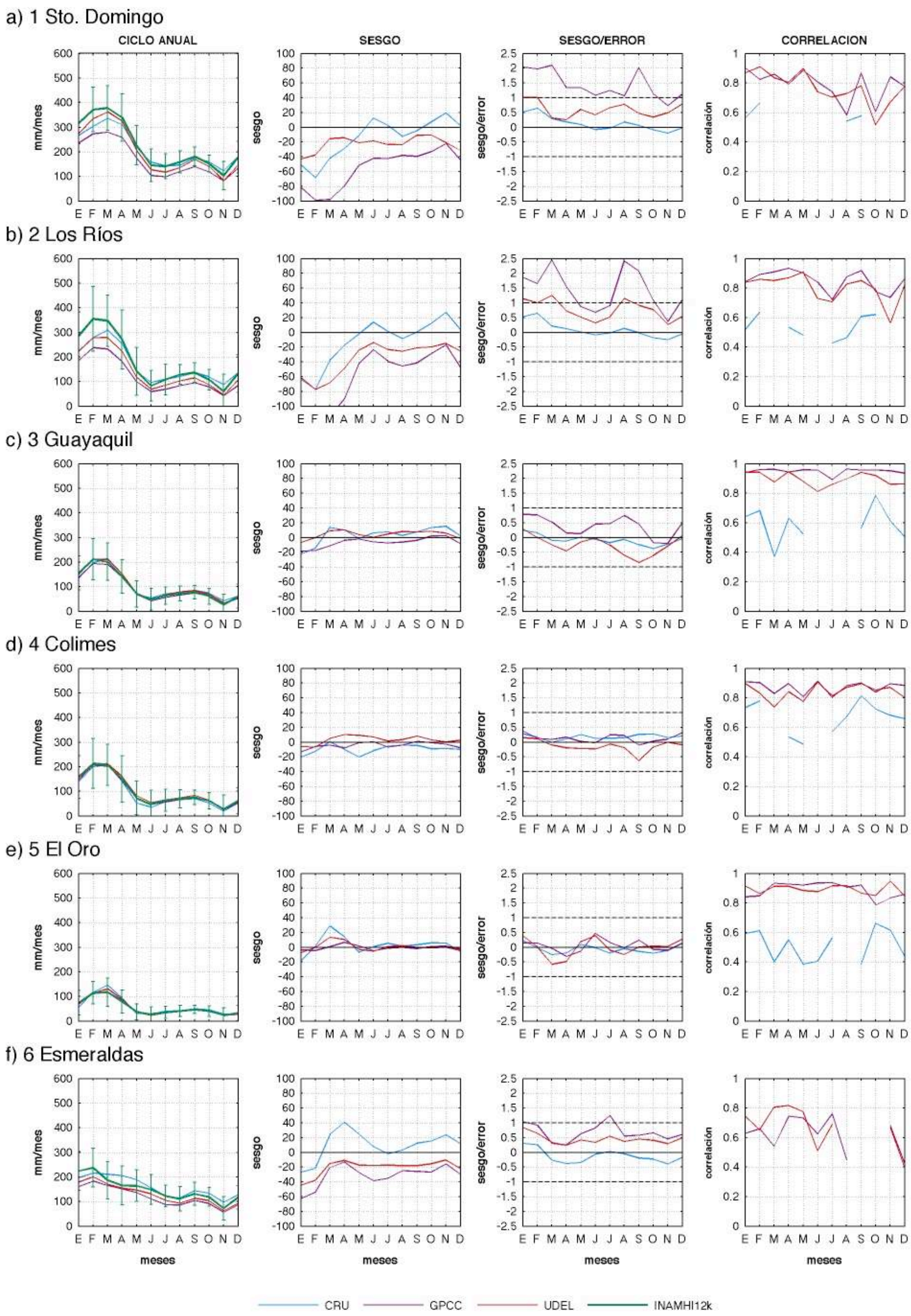
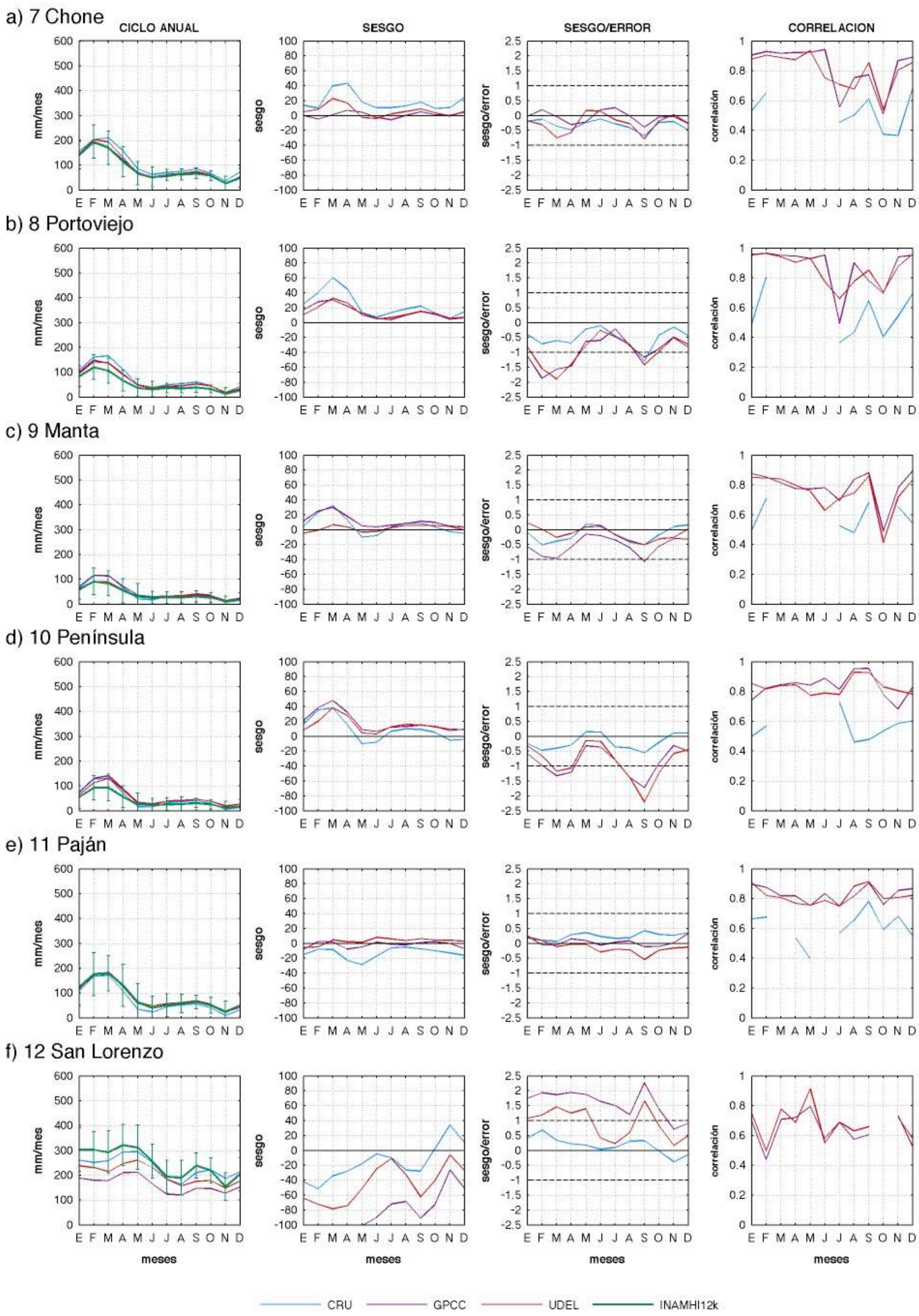


Figura 4.8 Igual que la figura 4.7, pero para las regiones 7-12 (adaptado de Cedeño y Cornejo-Grunauer, 2008).



4.2.4 Total Anual

El total anual corresponde a la sumatoria de precipitación en el año, la cual se origina de las series de tiempo sin filtro, que pertenecen a cada una de las regiones pluviométricas de la costa ecuatoriana analizadas (figuras 4.9 y 4.10).

En las regiones de Guayaquil, Colimes, El Oro, Chone y Paján, el total anual de los productos de precipitación reportan valores de sesgo/error cercanos a 0 (para Guayaquil, el GPCC subestimó lluvia en valores promedios a -62 mm, que en términos de sesgo/error equivale a ~3). A excepción de la región de Guayaquil, en donde se anotó que GPCC subestima lluvia, se considera que los productos UDEL y GPCC ajustan mejor al total anual de precipitación observado.

En las regiones de Santo Domingo y Los Ríos, el CRU obtuvo el menor sesgo y sesgo/error, aún cuando este producto subestima el total anual en cerca de -124.5 mm promedio. En contraste, los otros dos productos subestiman en promedio -300 mm (UDEL) y -+650 mm (GPCC), valores que oscilan de manera general entre ±1 en el cociente sesgo/error, a excepción de los años 1982 y 1987.

Para Esmeraldas, UDEL y GPC representaron de mejor manera los totales anuales (los valores de sesgo oscilaron más cercanamente al cero, acumulando menos sesgo/error); mientras que en San

Lorenzo CRU subestimó lluvia en torno a los -200 mm, estando muy cercano a la banda de ±1 en términos de sesgo/error.

En Portoviejo y Manta (regiones 8 y 9, respectivamente), UDEL evidenció menores diferencias con respecto al conjunto de datos referencial (~150 mm y ~0 mm de sesgo). Para la región 10 Península, CRU alcanzó valores cercanos a 0 en el sesgo/error (en comparación, GPCC y UDEL mantuvieron cocientes de sesgo/error cercanos a -1 desde los 80s), convirtiéndose este producto en el más adecuado para representar el total anual en esta región, que comprende gran parte de la provincia de Santa Elena.

El análisis de correlaciones mostró similitud a lo acontecido con el Ciclo Anual, en donde las correlaciones de los productos GPCC y UDEL tendieron a uno en gran parte de los casos (se nota como una constante que en los 80s la correlación tiende a bajar, para ubicarse en 0.8). Así mismo, CRU mantiene correlaciones significativamente más bajas que sus pares, siendo en algunos años no significante al 95% de confianza (la línea que lo representa es entrecortada). Otra característica del CRU es que en los años 1983, 1986 y 1987, éste producto muestra picos extremos que no se reflejan en los datos observados (esto es particularmente cierto para las regiones de Los Ríos, Guayaquil, Colimes, El Oro, Chone, Portoviejo, Manta, Península y Paján).

Figura 4.9 Total Anual, Sesgo, Sesgo/Error y Correlación (α = 0.05) para cada uno de los productos evaluados y el conjunto de datos de referencia INAMHI12k; correspondientes a las regiones pluviométricas del 1-6.

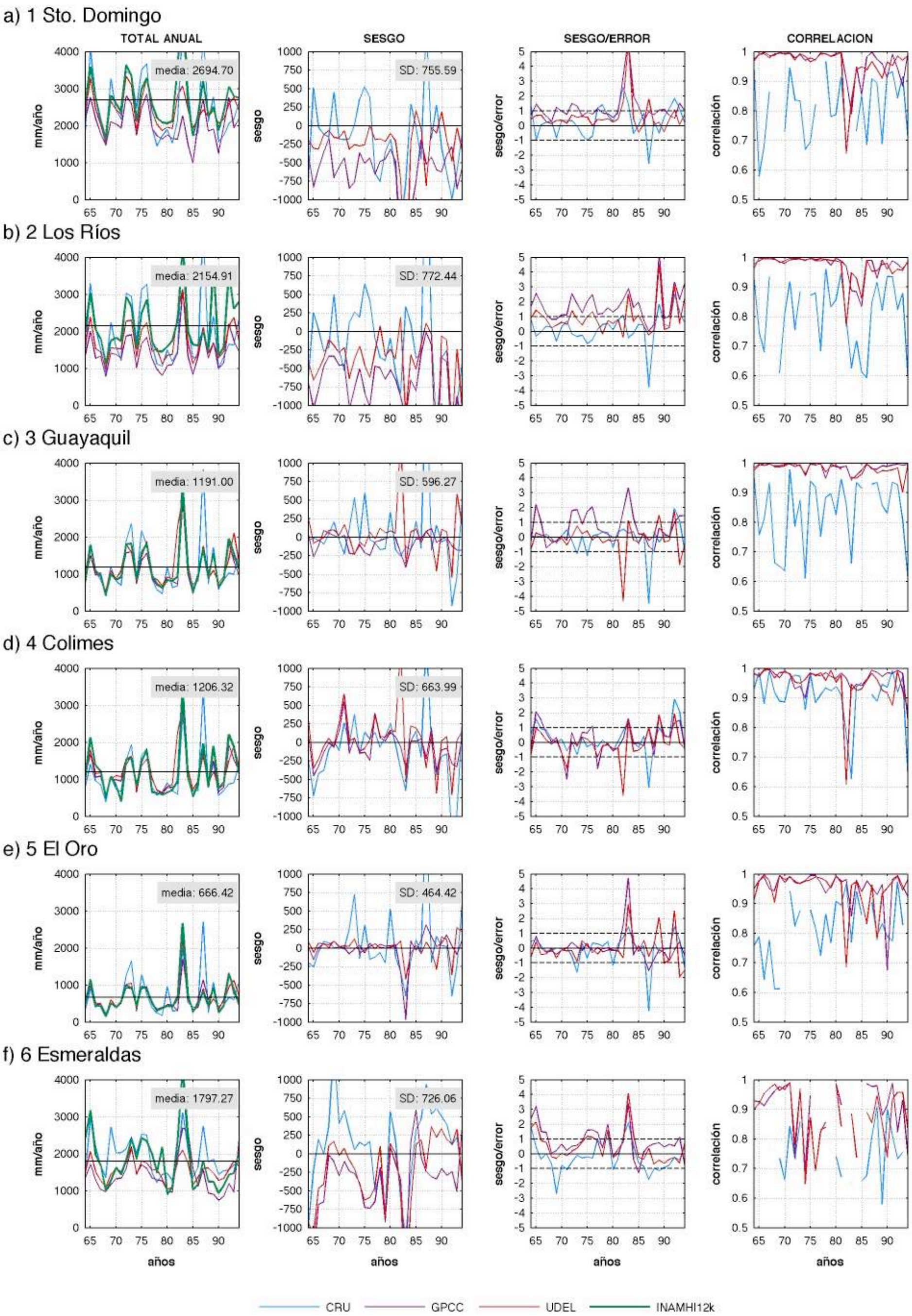
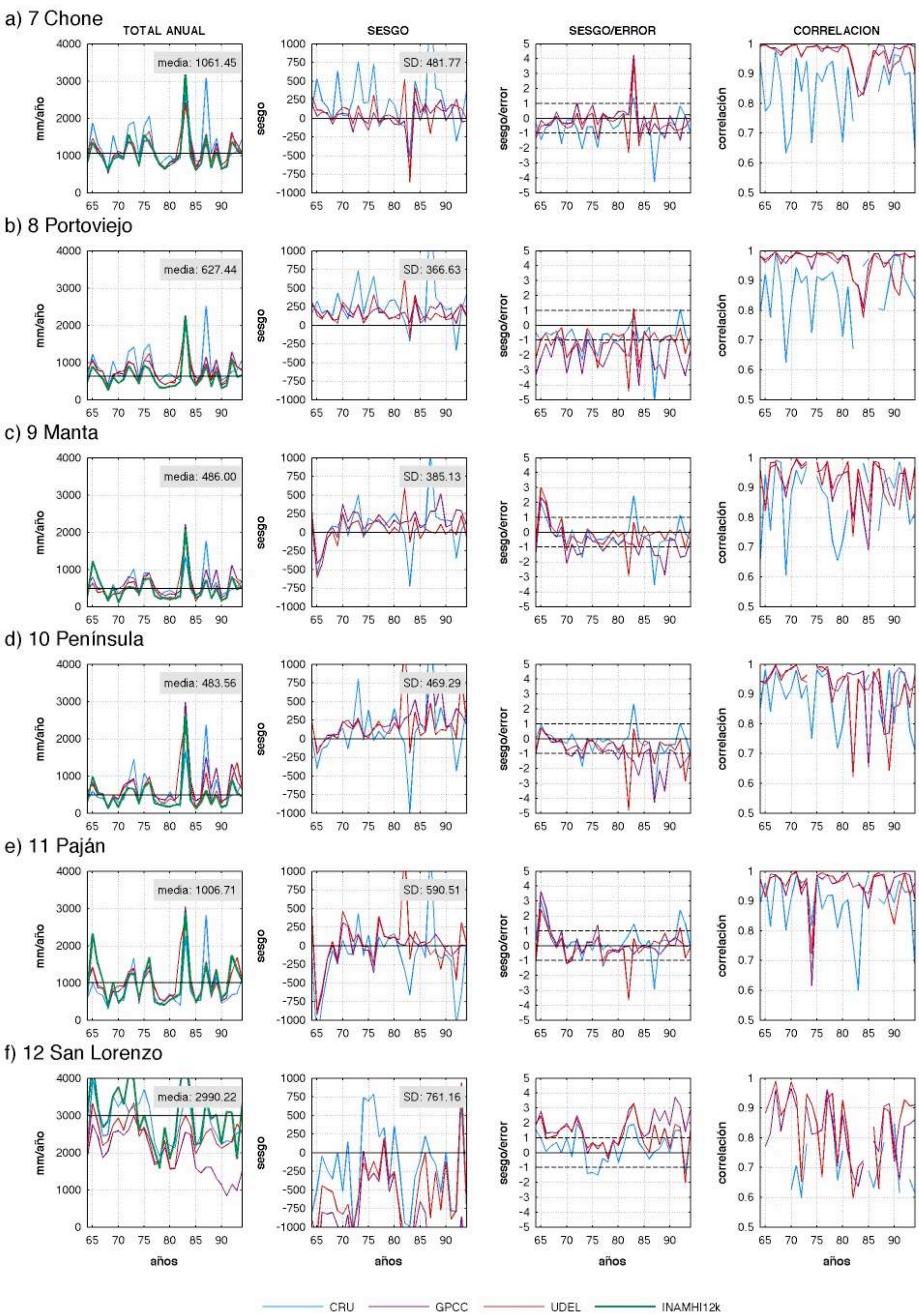


Figura 4.10 Igual que la figura 4.9, pero para las regiones 7-12.



4.2.5 Eventos El Niño-Oscilación del Sur ENOS

Para este análisis se trabajó sobre las series de tiempo filtradas de 12-24 meses (filtro butterworth pasa-banda, para retener las oscilaciones asociadas al evento ENOS), en los cuales se calculó el total anual (sumatoria de precipitación anual para todos los años dentro del período propuesto). Sobre este total anual, se computó el sesgo respectivo para cada producto (con respecto al conjunto de datos INAMHI12k) para tres eventos El Niño (1972, 1982-1983 y 1991-1992) y tres La Niña (1971, 1975, 1989); definidos previamente por Trenberth (1997). Bajo este esquema, se trabaja en el año Niño propiamente (0), en el año previo (-1) y en el inmediato o siguiente (+1). Los resultados son expuestos en las figuras 4.11, 4.12, 4.13 y 4.14.

En los años El Niño propuestos, se puede observar que los menores sesgos se encuentran agrupados en las regiones Guayaquil, Colimes, El Oro, Esmeraldas, Chone, Portoviejo, Manta, Península y Paján; teniendo al GPCC como el producto que menos subestima en Guayaquil, Colimes, Chone y Paján, y el UDEL para El Oro. En Esmeraldas, UDEL sobreestima menos que el resto de productos, al igual que en la región Manta. En Portoviejo y Península, GPCC mantiene los menores valores de sesgo, aunque la sobreestimación es constante en todos los años. Vale recalcar que el sesgo estimado para estas regiones se encuentra, en promedio, dentro de una desviación estándar.

En las regiones de Santo Domingo, Los Ríos y San Lorenzo, los tres productos tienden a subestimar más en su conjunto precipitación que el conjunto de datos referencial (inclusive, por fuera de una desviación estándar). En estas zonas, CRU tiene un mejor desempeño que GPCC y UDEL, en discordancia con lo que se obtuvo en el resto de regiones, en donde su nivel de sesgo fue superior a los otros productos.

En el sesgo de los eventos La Niña se puede observar un comportamiento similar al que se tuvo en eventos El Niño. De nuevo, la tendencia de sobreestimar lluvias en las regiones de Portoviejo, Manta y Península es evidente, y es más acentuada en el CRU que en los productos UDEL y GPCC. En Esmeraldas, UDEL mantuvo valores muy cercanos a los del conjunto de datos patrón INAMHI12k, al igual que GPCC para El Oro, Guayaquil y Chone.

En Santo Domingo, Los Ríos y San Lorenzo se aprecia una subestimación del total anual, siendo UDEL (Sto. Domingo) y CRU los que menor sesgo acumulan en promedio, en los tres años estudiados.

Figura 4.11 Sesgo del Total Anual correspondiente a los años El Niño (+1, 0, -1) de 1972, 1982 y 1992; correspondientes a las regiones pluviométricas del 1-6. La línea segmentada en verde corresponde a la desviación estándar del total anual de INAMHI12k para cada una de las regiones en estudio.

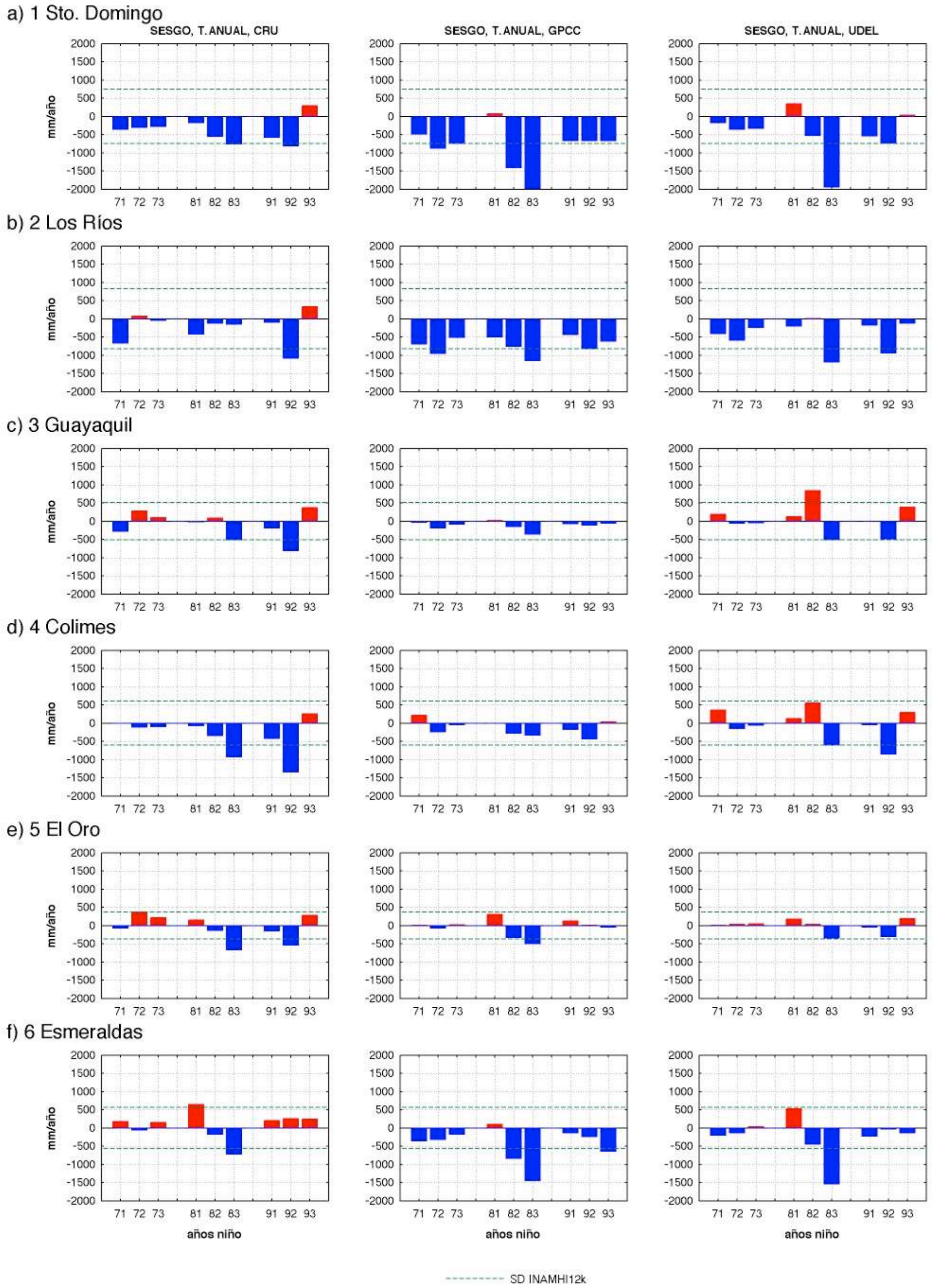


Figura 4.12 Igual que la figura 4.11, pero para las regiones 7-12.

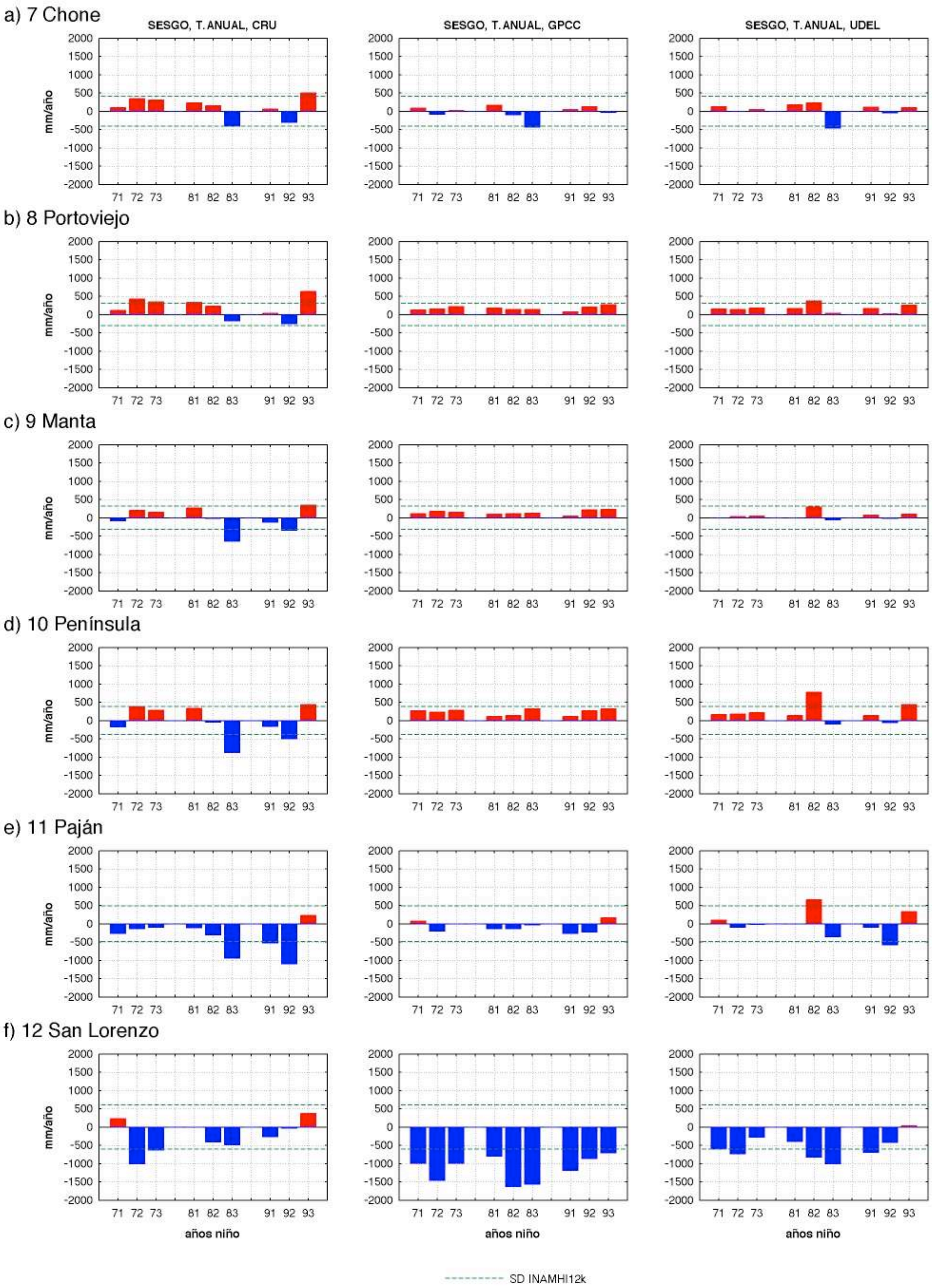


Figura 4.13 Sesgo del Total Anual correspondiente a los años La Niña (+1, 0, -1) de 1971, 1975 y 1989; correspondientes a las regiones pluviométricas del 1-6.

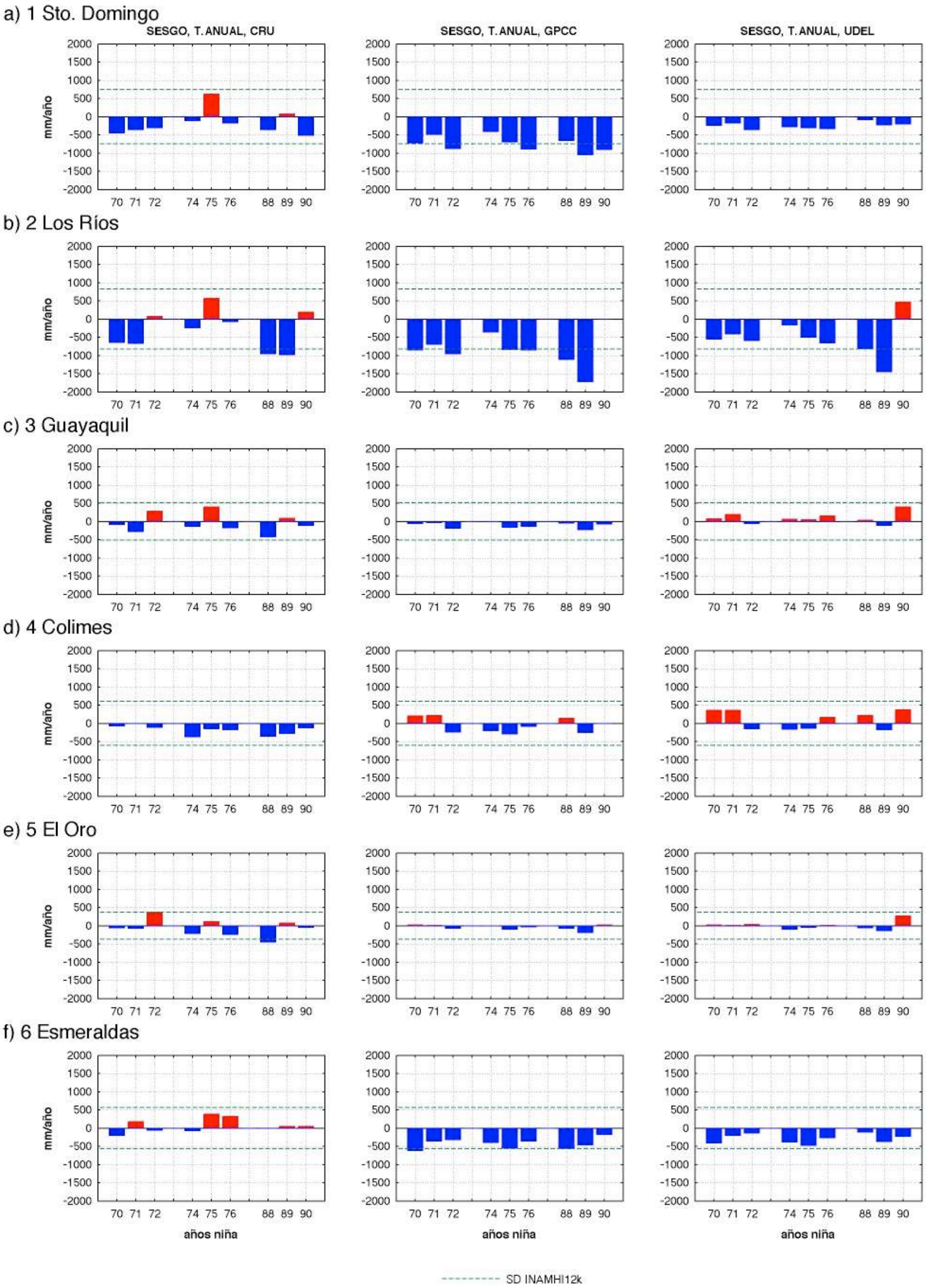
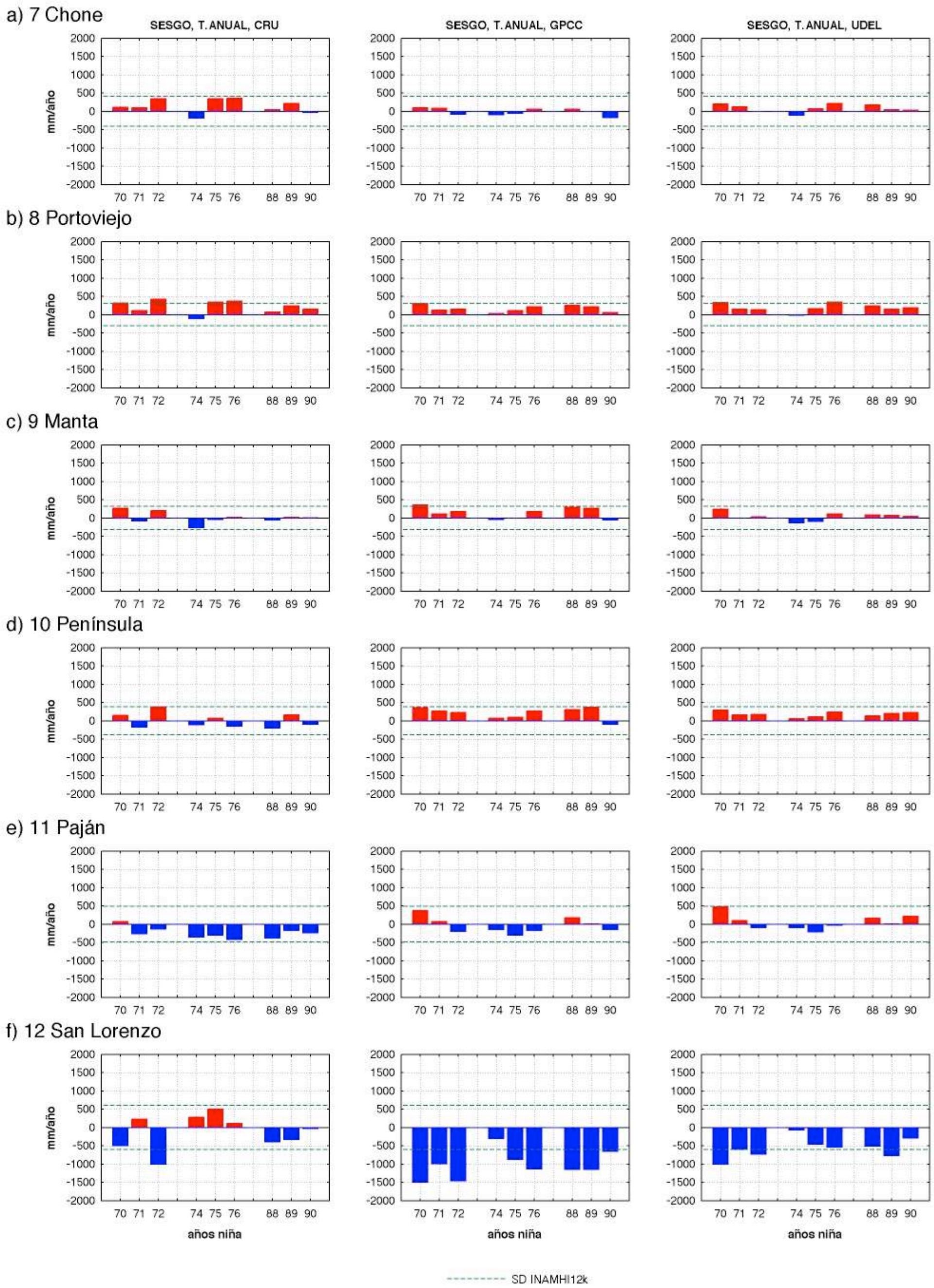


Figura 4.14 Igual que la figura 4.13, pero para las regiones 7-12.



CAPITULO 5

5. APLICACIONES

La provisión de datos de precipitación con cobertura global, con una resolución media (0.5º), ha probado su utilidad a lo largo de las últimas décadas en el campo científico, donde es común requerir datos de esta variable para ajustar datos de satélite (NOAA 10/11/12, DMSP F-13/14/15/16, TRMM, GOES E/W, METEOSAT 5/7/8 y MTSAT), para estudios de verificación de resultados de modelos (modelos de circulación global GCM y acoplados, del tipo mesoescala, reanálisis, y de cambio climático), para monitoreo de sequía (FAO) y para estudios de hidrología globales (Experimento de Energía Global y del Ciclo del Agua GEWEX -Global Energy and Water Cycle Experiment-, ref. Rudolf y Schenider, 2005). En el área socio-económica, los datos de precipitación son comúmnente requeridos para la ejecución de estudios de transmisión de la malaria (Kuhn *et al.*, 2003), planificación de excavación en minas de carbón en Canadá (Chen *et al.*, 2003), estudios de demografía de mineros (Brewer y Gaston, 2003), para el suministro de datos para áreas políticas (Mitchell *et al.*, 2001); siendo éstas sólo algunas referencias de estudios en esta temática (ref. Mitchell y Jones, 2005). Los conjuntos de datos dispuestos en grilla, de manera general, pueden ser inapropiados para pequeñas regiones de estudio; pero para áreas mucho más grandes, éstas tienden a ser más útiles que varios registros pluviométricos individuales.

Es claro que, antes de elegir un producto de precipitación, es conveniente realizar estudios de validación que contrasten estos campos interpolados con los datos observados; aún cuando éstos se basen en datos provistos por los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos, los diversos procesos de interpolación elegidos por cada institución auspiciante tienden a distorsionar los campos de dichas variables, como ya se lo ha anotado en el capítulo 5 con tres de estos productos (GPCC, UDEL y CRU).

Teniendo en cuenta los antecedentes expuestos, en el presente capítulo se plantean algunas líneas de aplicación que permitirían aprovechar las potencialidades de este estudio en cuanto al el set de datos que mejor ajusta el régimen pluviométrico, así como de la metodología empleada para el proceso de validación.

5.1 Acceso a la información de precipitación

En los países de la región andina, y en general, en Latinoamérica, es común encontrar restricciones al acceso de datos meteorológicos, aún cuando éstos son requeridos para fines académicos o de ciencia. Los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos cobran por lo general una tasa significativa por datos de diferentes variables, situación que no es exclusiva solo en estos servicios, sino en la gran mayoría de las instituciones del estado que manejan banco de datos con información climática (Oceanografía y Meteorología). Sin embargo, la construcción y la libre disposición de sets de datos validados con cobertura global a una grilla regular de alta resolución permiten, no solamente a los usuarios del sector científico, el acceso a aquellos datos climáticos relevantes a su tópico de investigación, o cualquiera que sea este el interés del usuario final. Continuamente los centros que custodian estos productos actualizan la base de datos, así como el sistema de control de calidad y de análisis de la información; con lo que mantienen, en promedio, al menos con cuatro años de rezago los datos más recientes. Los tres productos de precipitación utilizados en este estudio, por ejemplo, fueron obtenidos directamente desde el servidor de las instituciones que alojan y mantienen dichos productos (tablas 5.1, 5.2 y 5.3), previo pedido expreso por correo electrónico a cada institución (en el caso de UDEL, solo fue necesario llenar algunos datos con respecto al uso final de los datos, lo cual fue opcional). Estos datos son dispuestos en archivos planos (ASCII, o archivos de texto, uno por cada año), pudiendo ser procesados inicialmente por una hoja de cálculo tipo EXCEL. Solo para el caso del producto CRU se necesitó procesarlo con MATLAB debido a que tenía una estructura organizacional de datos diferente al resto. Según Harris (*com. pers.* 2008), se espera que en las siguientes versiones del CRU TS 2.10 se pueda contar con un formato más sencillo, similar al ofrecido por GPCC y UDEL, además del estándar netCDF.

Tabla 5.1 Características del producto de precipitación CRU.

CRU TS 2.1	
Institución	University of East Anglia UEA Climate Research Unit CRU
País	Reino Unido
Web	http://www.cru.uea.ac.uk/~timm/grid/CRU_TS_2_1.html
Servidor de Datos	http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/hrg/cru_ts_2.10/
Contacto	d.viner@uea.ac.uk, i.harris@uea.ac.uk
Referencia Bibliográfica	Mitchell T. y P. Jones (2005). An Improved Method of Constructing a Database of Monthly Climate Observation and Associated High-Resolution Grids. *Intl. J. Climatol.* **25**, 693-712.
Comentarios	Cobertura: Global, 1901-2002. Resolución: Mensual, 0.5º x 0.5º. Interpolador: Distancia Angular Ponderada ADW (anomalía+normales). No de Archivos: 1 (para todo el período). Formato de Archivo: ASCII CRU/Tyndall Special Structure. Referencia de Latitud-Longitud: En el encabezado de cada bloque (punto de grilla) de datos.

Tabla 5.2 Características del producto de precipitación GPCC.

GPCC Full Data Reanalysis Version 3	
Institución	Deutscher Wetterdienst DWD Global Precipitation Climatology Centre GPCC
País	Alemania
Web	http://gpcc.dwd.de/
Servidor de Datos	(requiere registro previo)
Contacto	gpcc@dwd.de, Udo.Schneider@dwd.de
Referencia Bibliográfica	Rudolf, B. y U. Schneider (2005). Calculation of Gridded Precipitation Data for the Global Land-Surface using in-situ Gauge Observations, Proceedings of the 2nd Workshop of the International Precipitation Working Group IPWG, Monterey October 2004, EUMETSAT, ISBN 92-9110-070-6, ISSN 1727-432X, 231-247.
Comentarios	Cobertura: Global, 1951-2004. Resolución: Mensual, 0.5º x 0.5º. Interpolador: SPHERMAP (valores absolutos). No de Archivos: 54 (uno por año). Formato de Archivo: ASCII delimitado por tabulaciones. Referencia de Latitud-Longitud: Presente en cada archivo.

Tabla 5.3 Características del producto de precipitación UDEL.

UDEL Terrestrial Precipitation: 1900-2006 Gridded Monthly Time Series	
Institución	University of Delaware Center for Climatic Research, Department of Geography
País	Estados Unidos
Web	http://climate.geog.udel.edu/~climate/html_pages/Global_ts_2007/README.global.p_ts_2007.html
Servidor de Datos	http://climate.geog.udel.edu/~climate/html_pages/download.html#P2007
Contacto	kenjisan@udel.edu
Referencia Bibliográfica	Legates D.R. y C.J. Willmott (1990). Mean Seasonal and Spatial Variability in Gauge-Corrected, Global Precipitation. *Intl. J. Climatol.* **10**, 111-127.
Comentarios	Cobertura: Global, 1900-2006. Resolución: Mensual, 0.5º x 0.5º. Interpolador: Interpolación Asistida por Climatología CAI (valores absolutos). No de Archivos: 107 (uno por año). Formato de Archivo: ASCII delimitado por tabulaciones. Referencia de Latitud-Longitud: Presente en cada archivo.

5.2 Validación de salidas de modelos GCM/AGCM y reanálisis

Gran parte de los pronósticos climáticos de tiempo y clima se realizan a partir de corridas de Modelos de Circulación Global GCM y GCMs acoplados, los cuales son usadas a su vez en modelos físicos de reducción de escala para realizar la inicialización y forzamiento respectivo. Por ejemplo, las salidas del Modelo Comunitario de la Atmósfera CAM (Community Atmosphere Model) CAM-SOM-CLM son utilizadas generalmente como inicializador, y para definir las condiciones de frontera, de los modelos de mesoescala MM5[2] y WRF[3]; mientras que el reanálisis NCEP/NCAR[4] sirvió de base para definir las parametrizaciones más adecuadas para el territorio ecuatoriano, Martínez *et al.* (2008). Sin embargo, es importante evaluar aspectos de validación de dichas salidas para evitar que en las salidas se reproduzcan errores o no se identifiquen, especialmente tomando en cuenta la aplicación final de estos modelos por parte de lo tomadores de decisión de sectores socioeconómicos.

Del presente estudio se puede aprovechar el producto validado (1) de precipitación para evaluar la climatología base y las salidas en modo diagnóstico, además de la metodología de validación (2) aplicada.

---

[2] Modelo de Mesoescala de Quinta Generación MM5 (Mesoscale Model 5th Generation), EE.UU.

[3] Modelo de Investigación del Tiempo y Pronóstico WRF (The Weather Research & Forecasting Model), EE.UU.

[4] Centro Nacional de Predicción Medio-ambiental / Centro Nacional de Investigación Atmosférica NCEP/NCAR (National Centers for Environmental Prediction / National Center for Atmospheric Research), EE.UU.

Debido a que ésta está construida íntegramente en MATLAB, es posible adaptarla a los distintos modos requeridos por el usuario con una modificación menor en el código de programación, además de que se puede incluir otros estadísticos para mejorar el proceso de comparación/validación.

5.3 Aplicaciones relevantes a estudios de cambio climático

Existen algunas diferencias entre los productos evaluados en cuanto a la temática de cambio climático. Los desarrolladores del producto TS 2.1, el CRU de la Universidad de East Anglia, establecen que éste no fue específicamente diseñado para la detección del cambio climático (FAQ CRU TS 2.0 and time-series analysis: advice for users). EL propósito primario del TS 2.1 es permitir a los modeladores ambientales incorporar en sus modelos una representación muy precisa de las variaciones mensuales del clima experimentadas en el pasado reciente, con todo lo que ello implica. Es probable que las mismas restricciones se encuentren implícitas en el producto UDEL debido a que comparten gran parte de la base de datos fuente, aún cuando sus procesos de interpolación sean diferentes.

Para el caso del producto GPCC, éste si puede ser utilizado para detectar tendencias climáticas en la variable precipitación, según lo recomienda el propio CRU, debido principalmente a su proceso de control de calidad de datos, aún cuando existen otros productos que, por su registro más largo de datos, son más apropiados para este tipo de estudios.

En otro campo de aplicaciones de cambio climático, estos conjuntos de datos evaluados pueden ser utilizados para definir climatologías, y así evaluar la habilidad del los modelos para reproducir el clima actual, retroalmientando la información base que permite estimar la magnitud del cambio climático. Centella y Bezanilla (2008) en su estudio "Escenarios de Cambio Climático para Ecuador, hacen una evaluación de los resultados parciales obtenidos" de las características del clima actual a partir de las salidas del Modelo de Circulación Regional MCR PRECIS[5] forzado por las salidas del ECHAM4[6] (GCM) en sus tres modos (control PRECIS-ECHAM4_CTR, para el período base 1961-1990, escenario de emsiones SRESA2 PRECIS-ECHAM4_SRESA2 y SRESB2 PRECIS-ECHAM4_SRESB2). Adicionalmente, utilizaron el producto CRU como un "set de datos observados", sobre el cual se ejecutaron las comparaciones por regiones (costa, sierra y oriente) para evaluar la performance del MCR PRECIS en el período base elegido, además de las salidas del reanálisis ECMWF ERA-40[7] (PRECIS-ERA). Cornejo y Cedeño (*com. pers. 2008*) comentaron al respecto de que el proceso de

[5] Sistema de Modelaje Climático Regional PRECIS (The PRECIS Regional Climate Modelling System), Gran Bretaña.
[6] Modelo ECMWF Hamburgo ECHAM (Hamburg ECMWF Model), Alemania.
[7] Centro Europeo de Pronóstico de Tiempo Medio ECMWF (European Centre of Medium Weather Forecast), Reanálisis Europeo de 40 años ERA-40 (European Reanalysis of 40 years), Gran Bretaña.

validación es discutible, ya que, en primera instancia, faltó criterio para elegir una adecuada regionalización del país en términos de homogeneidad en las características climáticas de las variables estudiadas. Además, la elección del CRU y del PRECIS-ERA como climatología base se efectuó sin el debido estudio de validación con datos observados de la red de estaciones meteorológicas, derivando en una interpretación errónea del desempeño de las salidas del PRECIS-ERA y PRECIS-ECHAM4_CTR para el período que actúa como base, al ser el CRU el producto menos adecuado para representar el régimen pluviómetrico en la costa ecuatoriana, a excepción de las regiones pluviómetricas de Esmeraldas y San Lorenzo (Esmeraldas).

5.4 Implementación de estudios de evaluación hidrológica

El área de hidrología es quizá el campo más interesante de aplicaciones, debido a que los resultados de los estudios hidrológicos tienen intereses directamente relacionados a aspectos de planeación, ordenamiento, gestión de riesgo, vulnerabilidad y adaptación.

La poca accesibilidad a los datos climáticos necesarios para la ejecución de modelación hidrológica, así como para la evaluación de la disponibilidad del recurso agua en las diferentes cuencas del país circunscritas en las regiones pluviométricas permite que el uso de productos de precipitación validados puedan jugar un importante rol en este campo. Cornejo-Grunauer (*com. pers. 2008*) demostró el valor de la hidrología al servicio de la vida, las políticas y el ambiente en el marco de discusiones de la mesa 5 (biodiversidad y recursos naturales) de la Asamblea Constituyente 2008, en la cual se hizo énfasis en una correcta planificación en base a la disponibilidad del agua, tomando en cuenta lo diferente de los regímenes pluviométricos apreciados en las 12 regiones pluviométricas de la costa ecuatoriana. Para comprender la magnitud de estas diferencias, fueron preparadas 12 láminas (anexo A), las cuales muestran el registro pluviométrico promediado de cada región pluviométrica, el ciclo anual y total anual del conjunto de datos patrón INAMHI12k.

Debido además a que la estructura institucional del país se encuentra en reforma, el tema de hidrología se perfila como un importante actor en la determinación de políticas en materias de energía (represas hidráulicas), riego (embalses y sistemas de trasvases), agua potable, etc.

CAPITULO 6

6. CONCLUSIONES

6.1 Conclusiones

a) Se debe anotar que las regiones propuestas por Rossel *et al.* (1998) fallan en su representación del régimen de precipitación en las regiones de Esmeraldas y Península. Las estaciones que permitieron detectar estas inconsistencias fueron Muisne y Chongón. Se tiene la hipótesis de que Muisne revela un régimen pluviométrico que es más cercano a San Lorenzo que a la región de Esmeraldas (~1750 mm de precipitación total anual en el período más estable de registro: 1993-2006), lo cual es corroborado además por estimados satelitales (Bendix *et al.*, 2004 afirmaron que los máximos de nubosidad, comúnmente asociados con lluvias, son encontrados en el área de Muisne). En cambio, el registro pluviométrico de Chongón se encuentra mucho más cercano al de Guayaquil, en detrimento del vector de precipitación promedio de la región de la Península.

b) El proceso de validación para la construcción del conjunto de datos patrón INAMHI12k reportó valores de sesgo/error que ubican a todas las regiones, excepto Paján, dentro de la banda de “variabilidad natural”. La limitación que representa asociar el punto de grilla más cercano a esta localidad con el registro pluviométrico de Paján (ubicado para este efecto en el otro lado de la cordillera costanera) explica el alto valor de sesgo/error encontrado, por lo que es necesario acotar los resultados del análisis de validación de los tres productos de precipitación de esta región al sesgo/error encontrado durante la validación de INAMHI12k.

c) El producto que mejor ajusta el régimen de precipitación en la costa ecuatoriana, de manera general, es el GPCC. En las regiones de Esmeraldas y San Lorenzo, el CRU presentó menores valores de sesgo, aún cuando en el análisis de correlación muestra sistemáticamente, en todas las regiones, valores bajos, y en algunos casos, no significativos (95%).

d) En el análisis espacial, los resultados sugieren que la topografía puede jugar un papel activo en la explicación del sesgo en los totales anuales. Las regiones en la cual la H_o es rechazada está mayormente asociada con las estribaciones andinas.

e) Ninguno de los productos usan un algoritmo de interpolación que toma en cuenta el efecto de elevación, a pesar de que la evidencia muestra que la precipitación en los trópicos dependen de varios factores, entre ellos, la altitud (Daly *et al.*, 1994).

f) Los ciclos anuales en las regiones pluviométricas escogidas fueron reproducidas consistentemente, a pesar de las diferencias reportadas. La variabilidad interanual, vista a través de los totales anuales, tiene un considerable sesgo asociado en las regiones de San Lorenzo, Esmeraldas, Los Ríos y Santo Domingo, siendo éstas regiones las que muestran menor densidad de información base (tabla 4.1). Resultados similares fueron obtenidos al analizar el total anual durante los eventos de El Niño 1972, 1983 y 1992; y La Niña 1971, 1975, 1989.

g) El bajo desempeño del producto CRU puede ser explicado por el sistema de re-procesamiento de datos. La construcción de los campos de precipitación en el CRU usa una metodología basada en la conversión de los valores de precipitación en anomalías para, en un paso final, reconvertir a valores absolutos la grilla de anomalías interpoladas a través de la combinación de éstas con las normales de 1961-1990. Este proceso de conversión resulta, en algunos casos, en una substancial pérdida de datos (Mitchell y Jones, 2005).

6.2 Recomendaciones

a) Debido a la amplia utilidad que tienen los productos de precipitación (cobertura y resolución) para distintos sectores de la sociedad ecuatoriana, se esperaría que se ejecute un estudio equivalente para las regiones de la sierra y oriente, las cuales presentan un régimen muy distinto al encontrado en la costa, región en la cual se efectuó este estudio. Esto requeriría, además, una actualización de la regionalización de la zonas de pluviometría homogénea para todo el territorio nacional.

b) Es necesario efectuar un estudio detallado de la calidad de datos y régimen pluviométrico asociados a la estación meteorológica Muisne. En precipitación, se ha detectado inhomogeneidades durante la década de los 70s y 80s, pero no existe un criterio unificado acerca de cómo reconstruir la serie de tiempo y de la certeza del registro durante el espacio de tiempo más estable de la serie.

c) Se debe evaluar el uso de algoritmos y modelos para la corrección de campos interpolados de precipitación debido al efecto orográfico. Por ejemplo, Daly *et al.*, 1994 y Daly *et al.*, 2002, estudiaron el efecto orográfico en los estimados de precipitación, y crearon el Modelo de Regresión de Parámetro-Elevación en Pendientes Independientes PRISM -Parameter-Elevation Regressions on Independent Slopes Model. El PRISM usa un Modelo Digital de Terreno (MDT) para dividir la topografía en facetas orientadas correctamente a una pendiente constante, calculando la precipitación a través de una regresión lineal de esta variable con respecto al MDT para las estaciones en esa celda topográfica facetada. En comparación con otros métodos de interpolación para la presentación de campos de precipitación, éste modelo obtuvo menores valores de error en la validación cruzada propuesta.

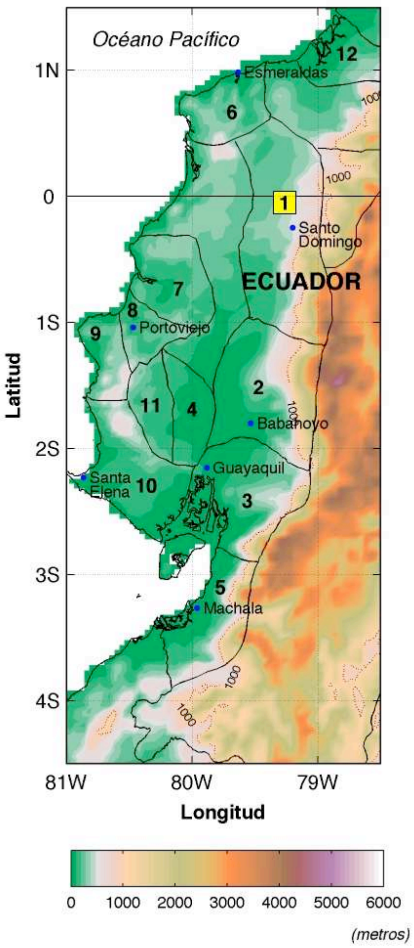
d) Debido a la orografía, la alta variabilidad climática presente en el clima en los últimos años, y a nuestra situación geográfica tropical que hace que la incertidumbre de los pronósticos del clima sea muy alta en relación a los países de latitud media; es inevitable que debamos de desarrollar un pronóstico numérico de tiempo y clima operativo, basado en modelaje numérico tipo reducción de escala, con todas las implicaciones que ello tiene, esto es: evaluación de un período base común para valorar el clima durante un período determinado, parametrizaciones, cobertura y resolución.

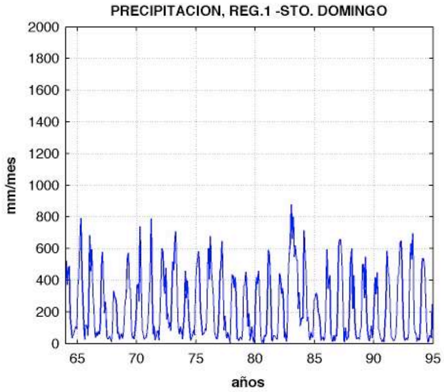
e) Se recomienda al INAMHI reevaluar la distribución de estaciones meteorológicas en las zonas de Muisne, San Lorenzo-San Miguel, y en la Península de Santa Elena, ya que éstas áreas tienen una baja densidad de estaciones, a más de que la presente distribución no permite cubrir adecuadamente las características climatológicas de las regiones descritas.

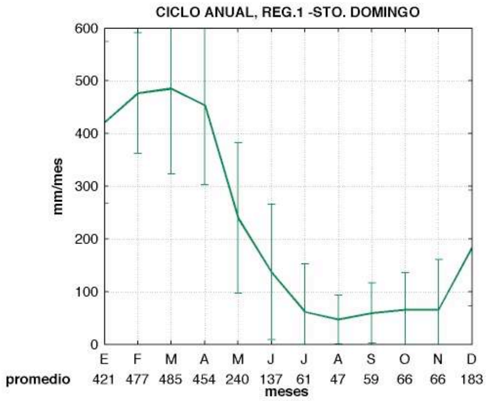
f) Por último, se debe integrar efectivamente la información de precipitación disponible de este estudio en modelos hídricos, que permitan aprovechar al máximo sus principales bondades. Aún cuando su resolución máxima alcanzable es de ¼ de grado (insuficiente para cubrir una cuenca pequeña o para estimar variaciones espaciales); las técnicas de reducción de escala pueden mejorar la resolución y superar las limitaciones propias de los esquemas clásicos de interpolación.

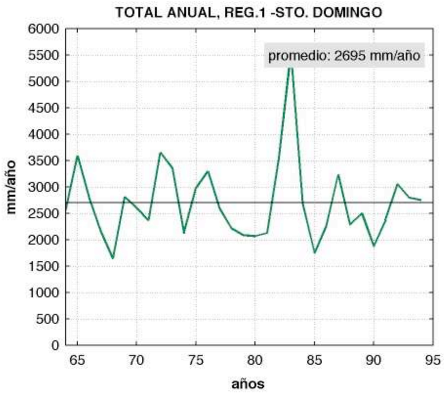
ANEXO A

Atlas Pluviométrico Regional de la Costa Ecuatoriana (INAMHI12k)

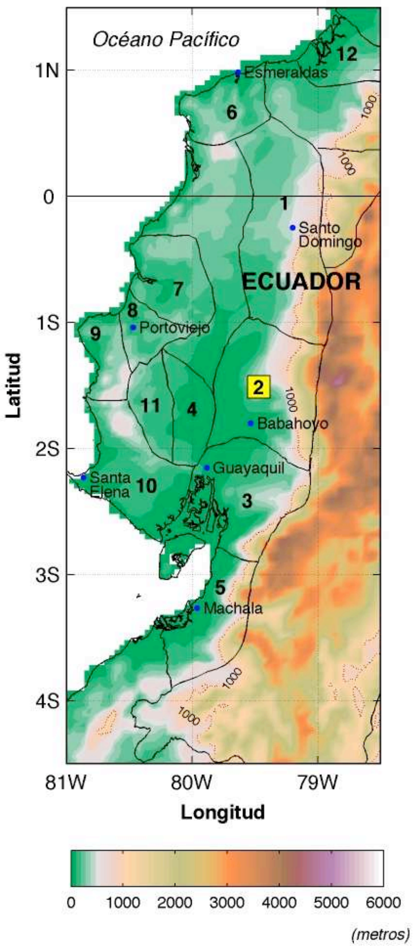


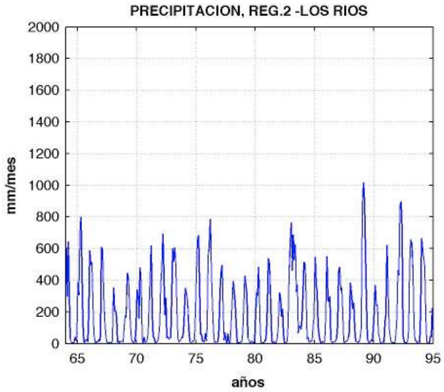


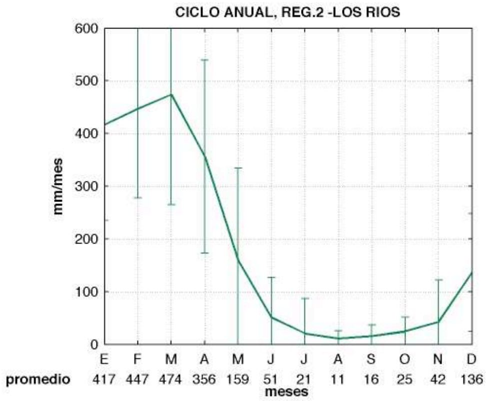


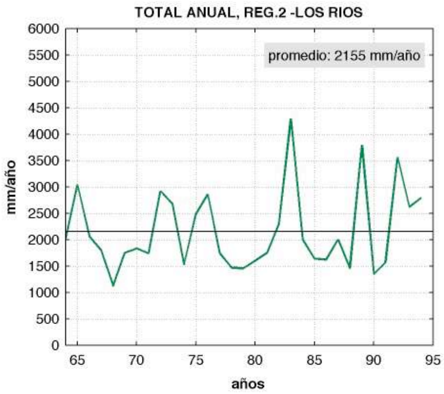


Región 1
Sto. Domingo

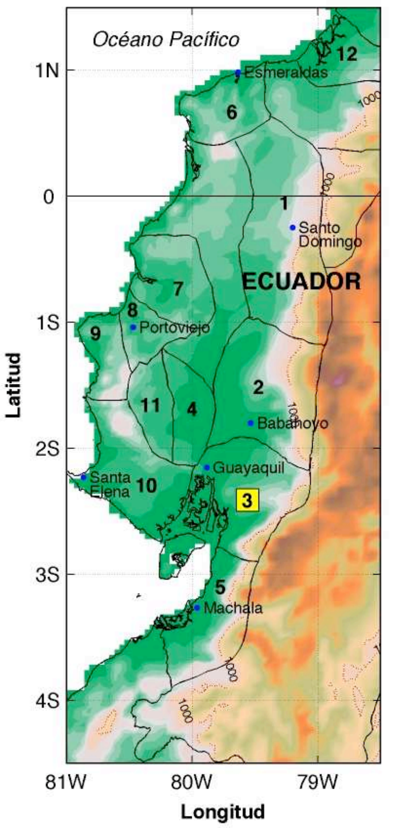


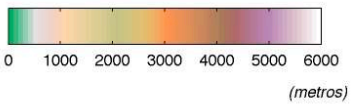


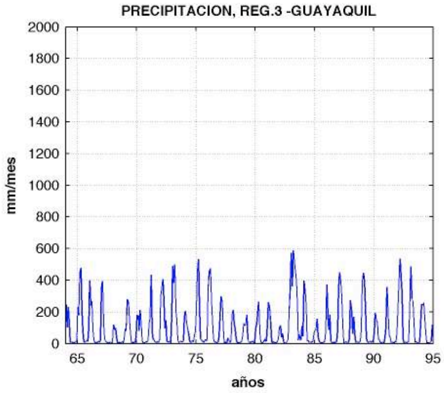


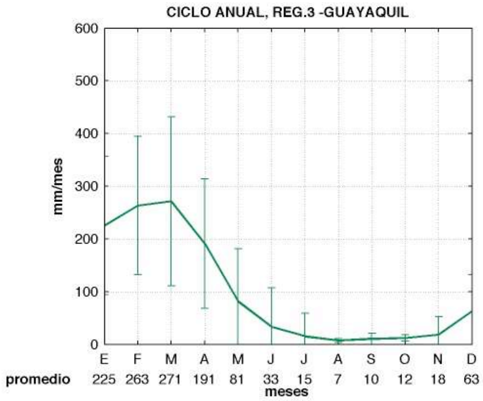


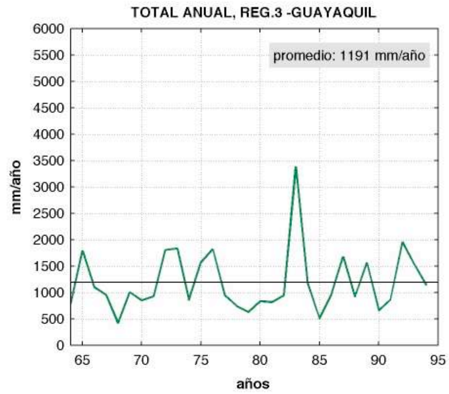
Región 2
Los Ríos



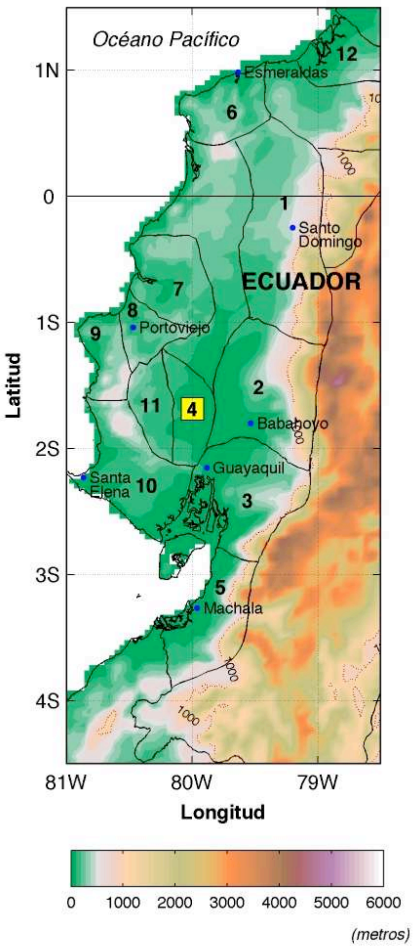


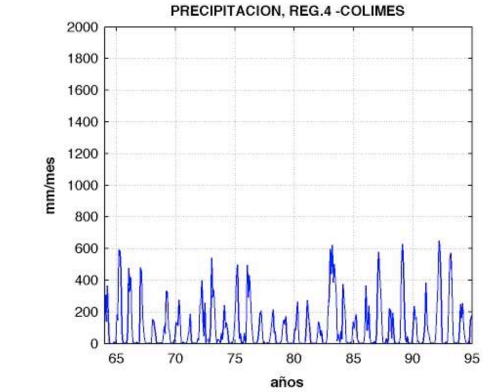


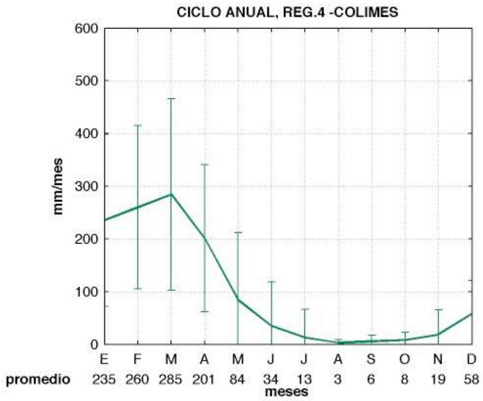


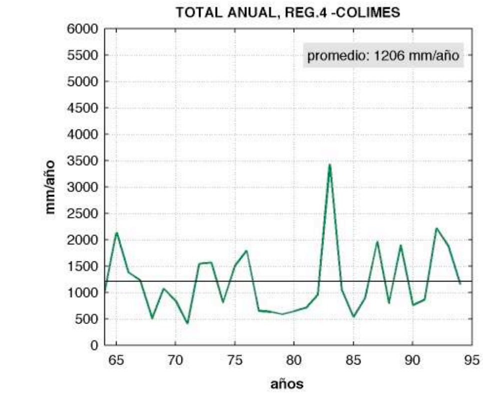


Región 3
Guayaquil

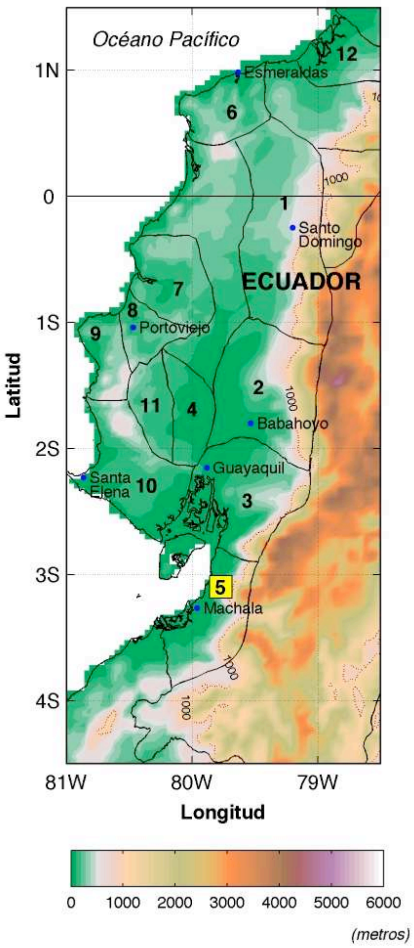


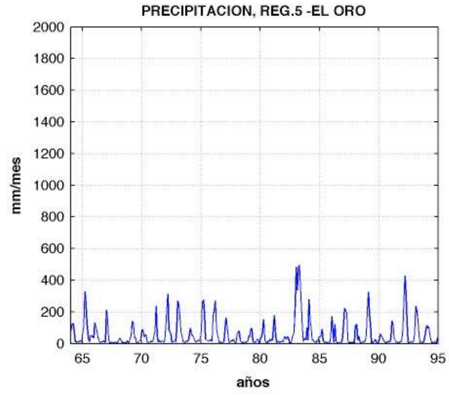


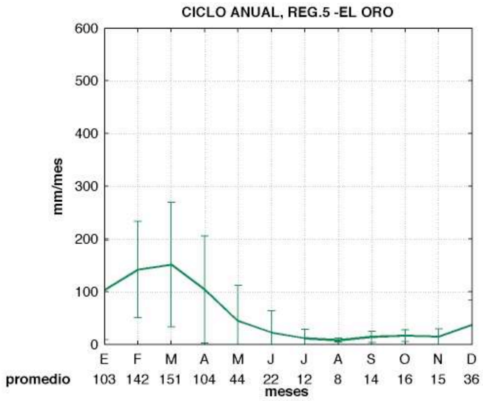


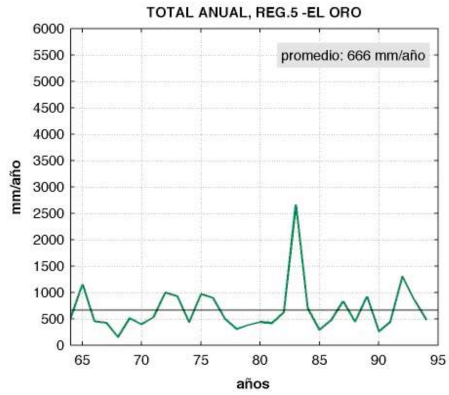


Región 4
Colimes

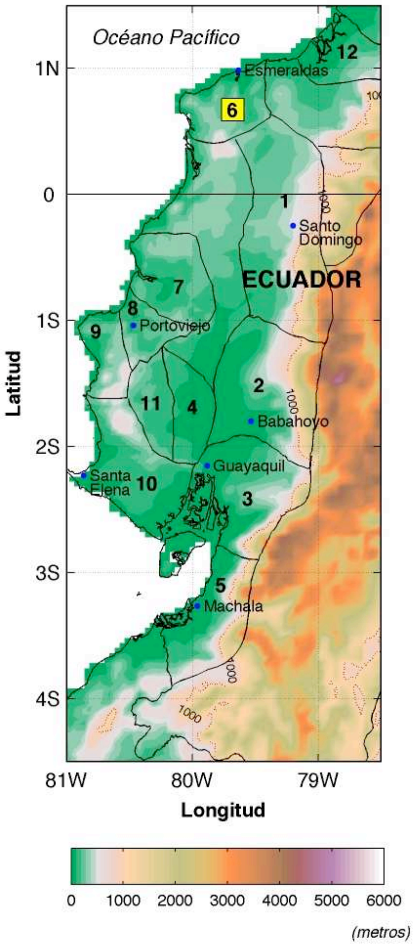


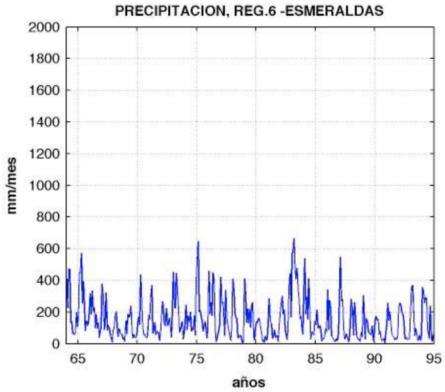


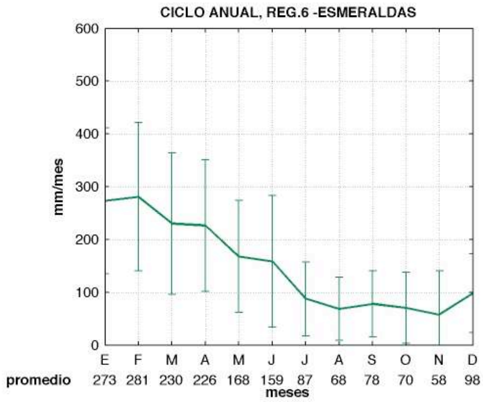


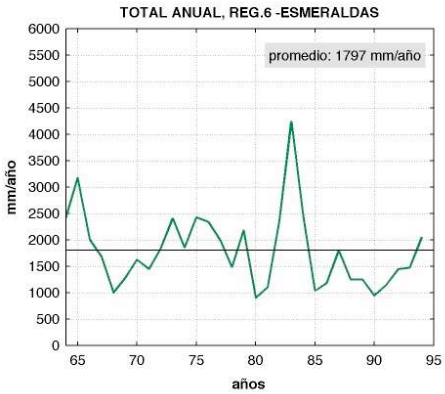


Región 5
El Oro

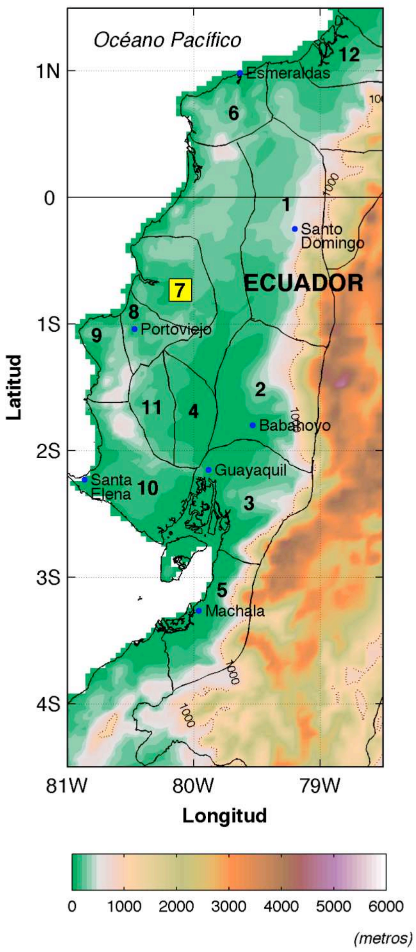


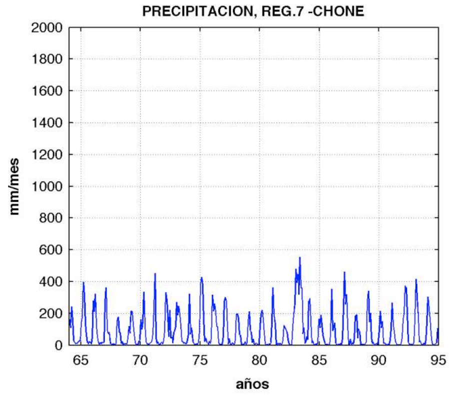


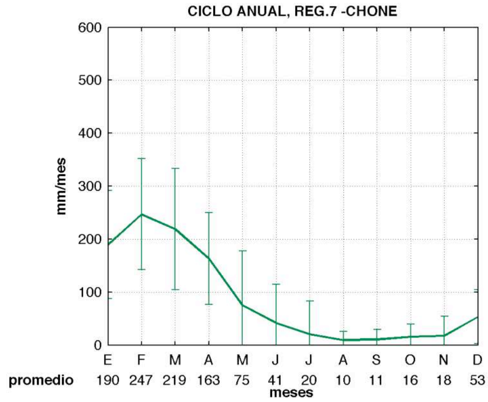


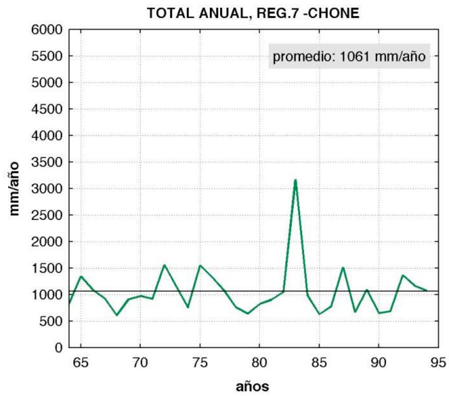


Región 6
Esmeraldas

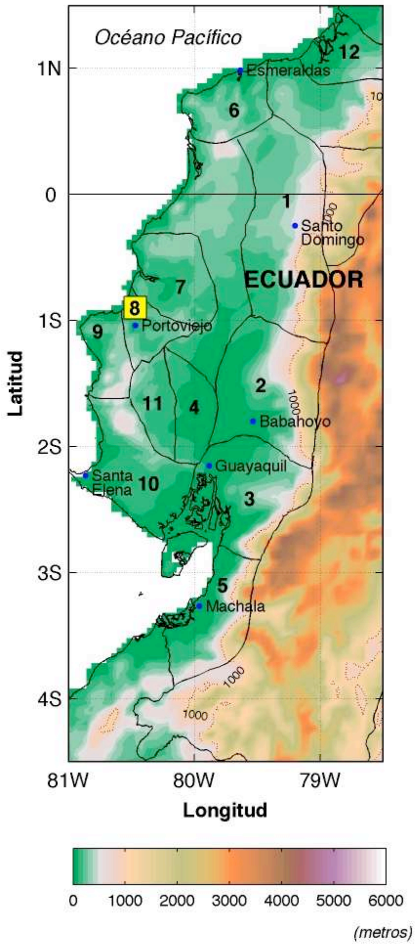


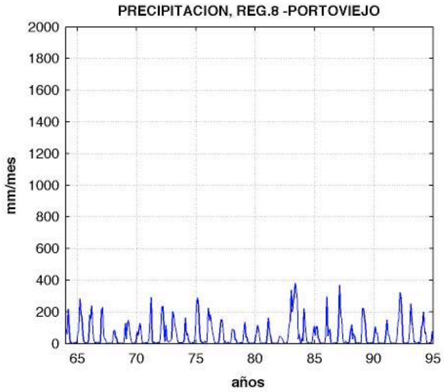


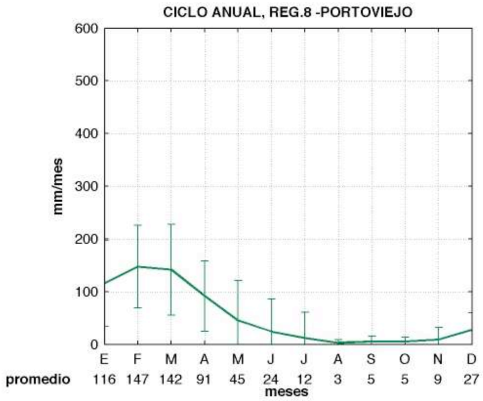


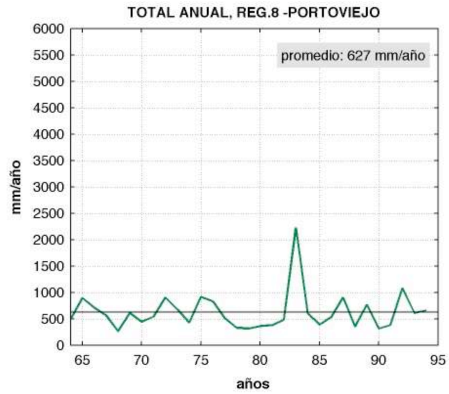


Región 7
Chone

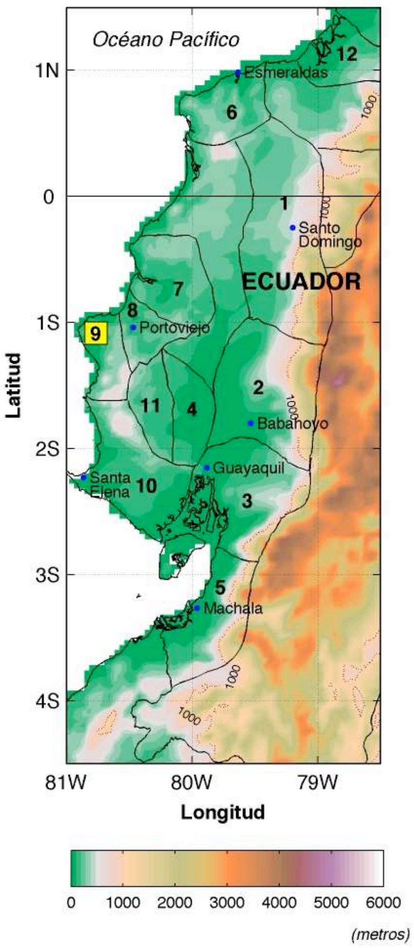


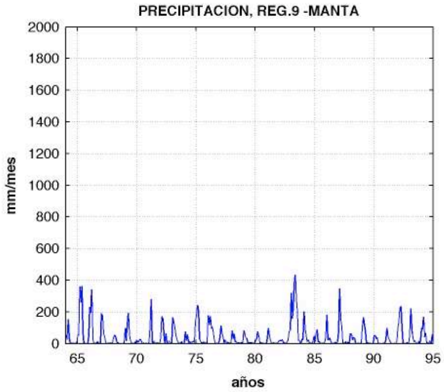


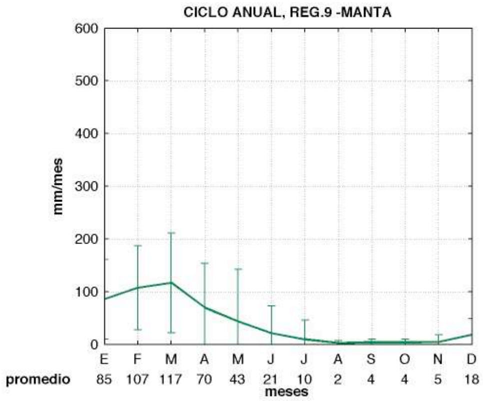


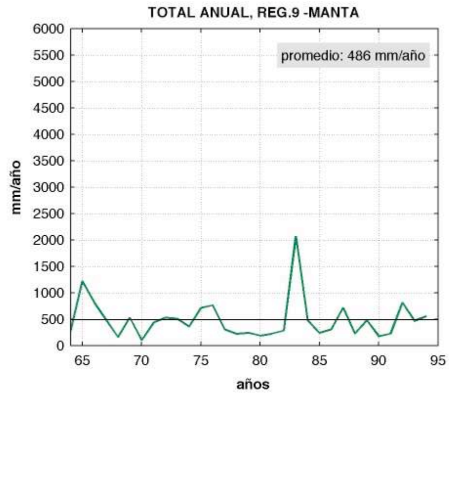


Región 8
Portoviejo

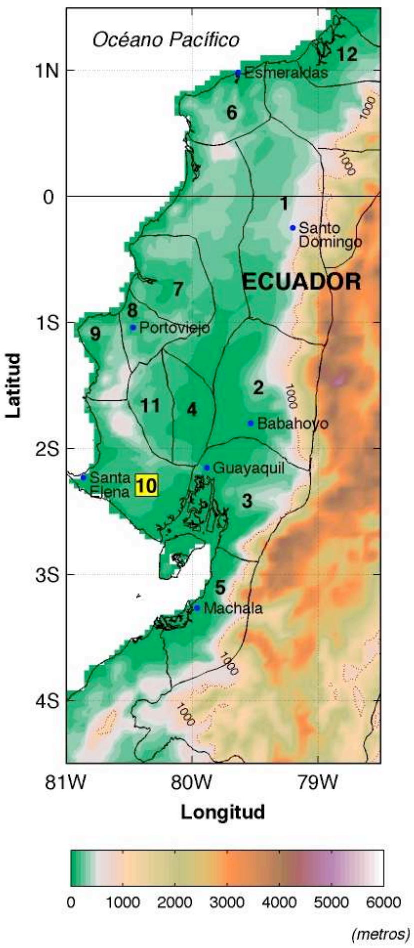


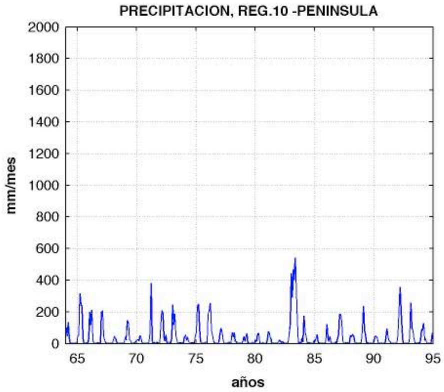


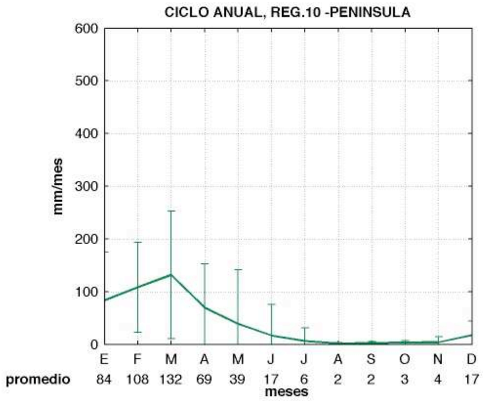


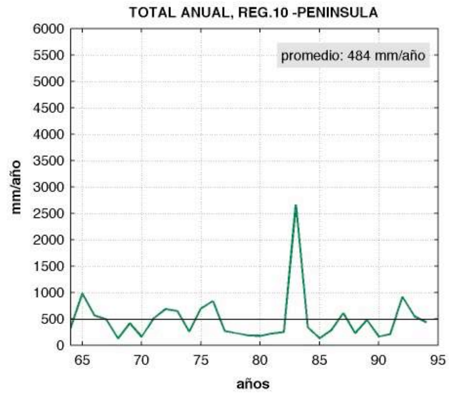


Región 9
Manta

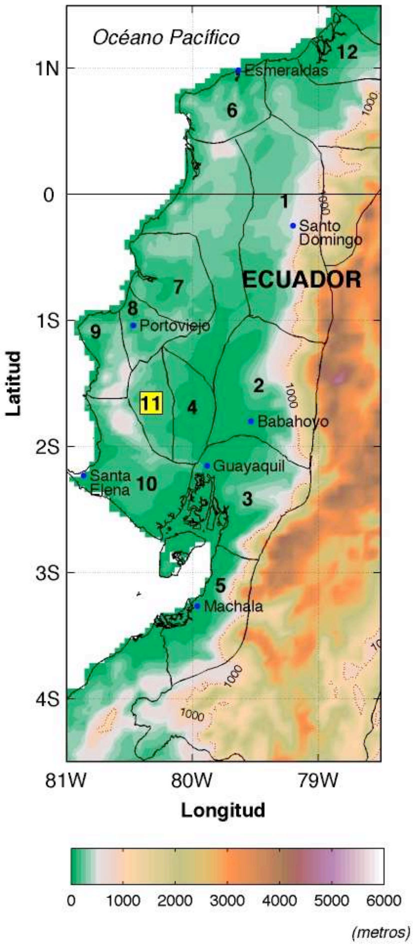


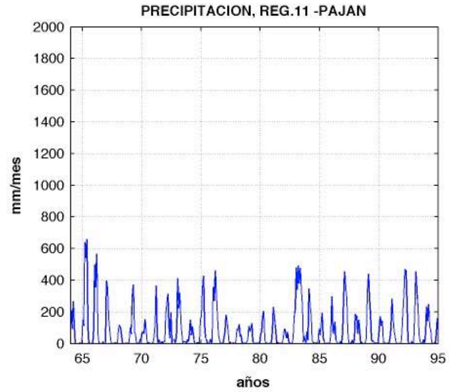


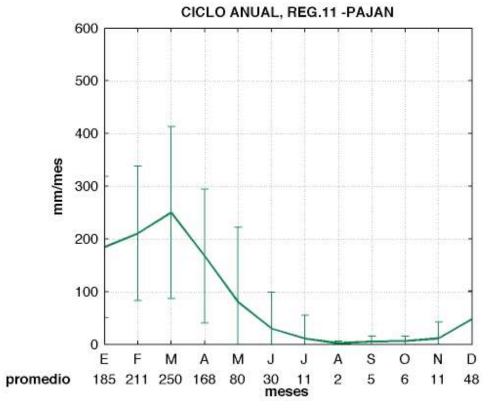


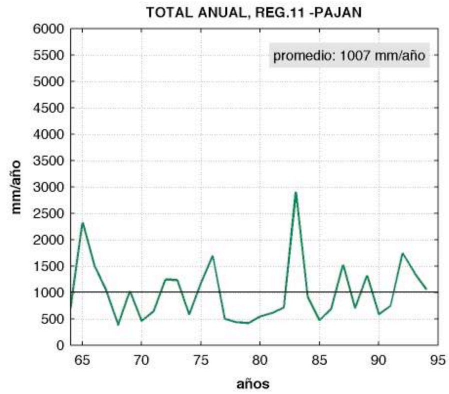


Región 10
Península

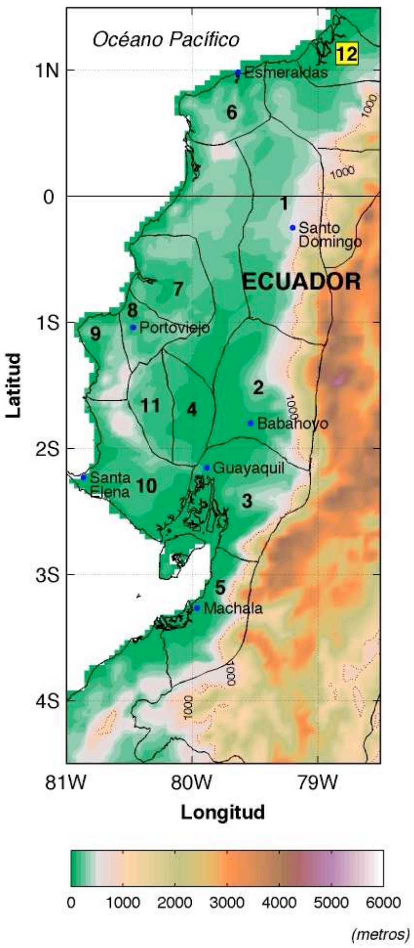


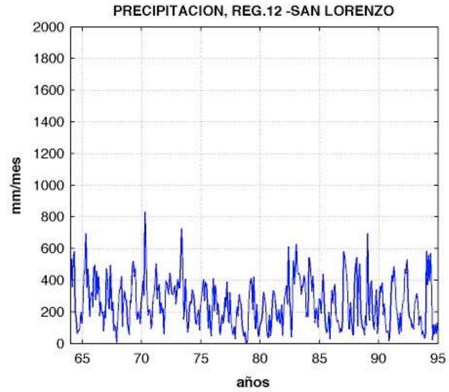


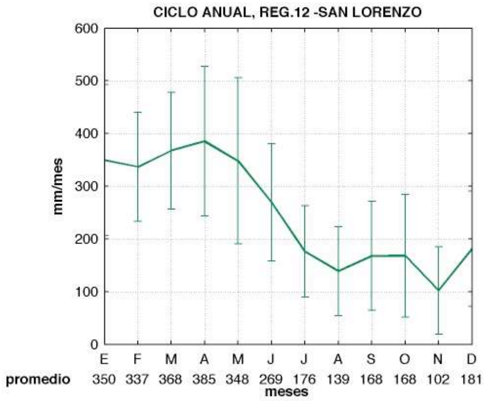


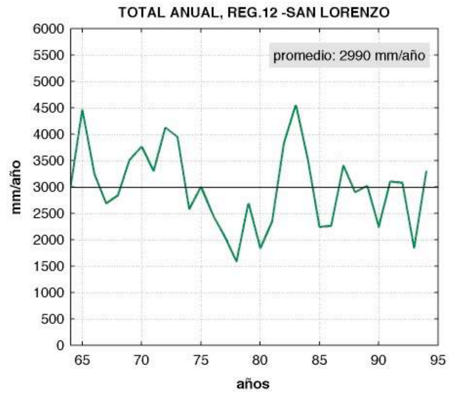


Región 11
Paján





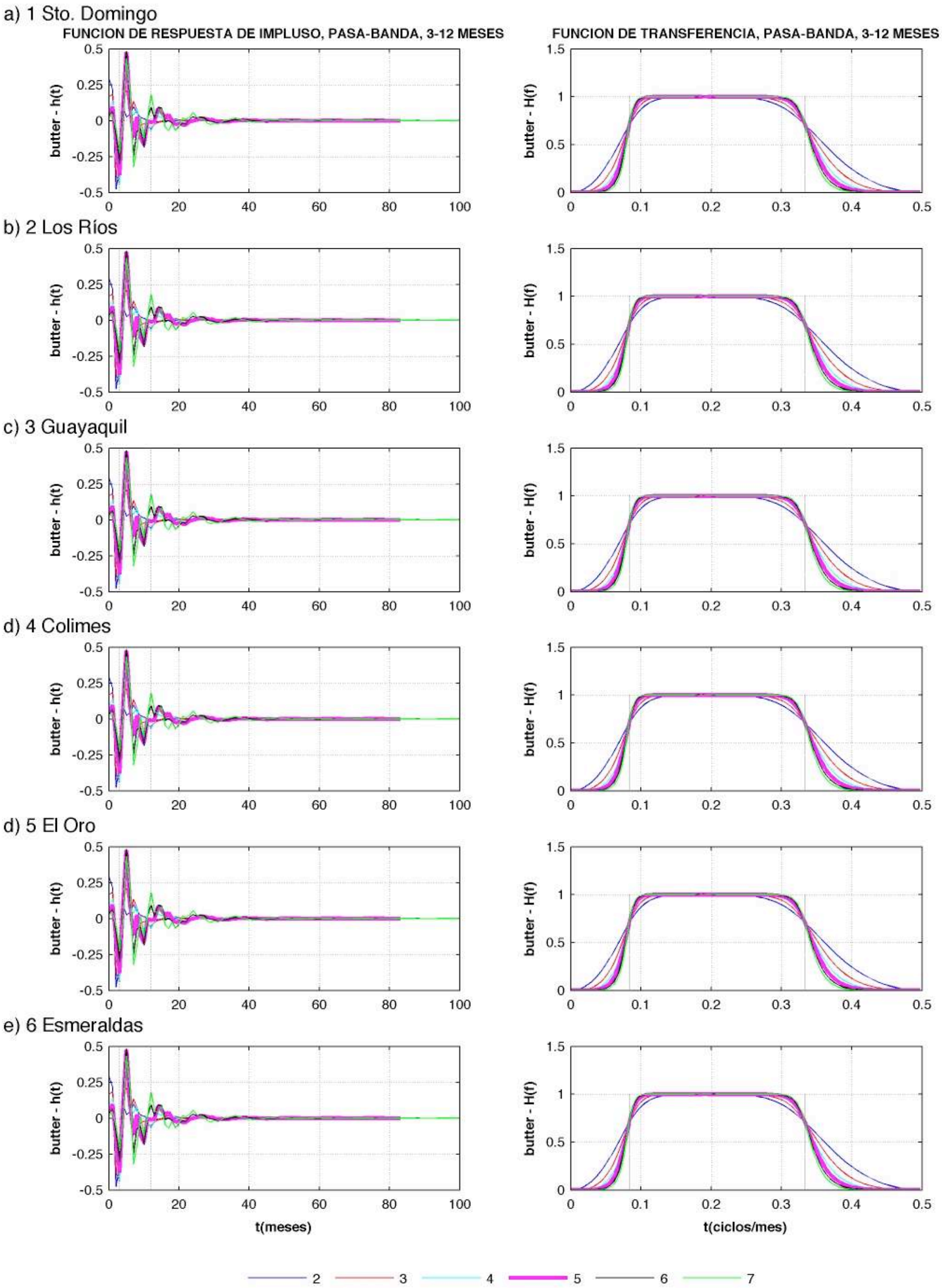




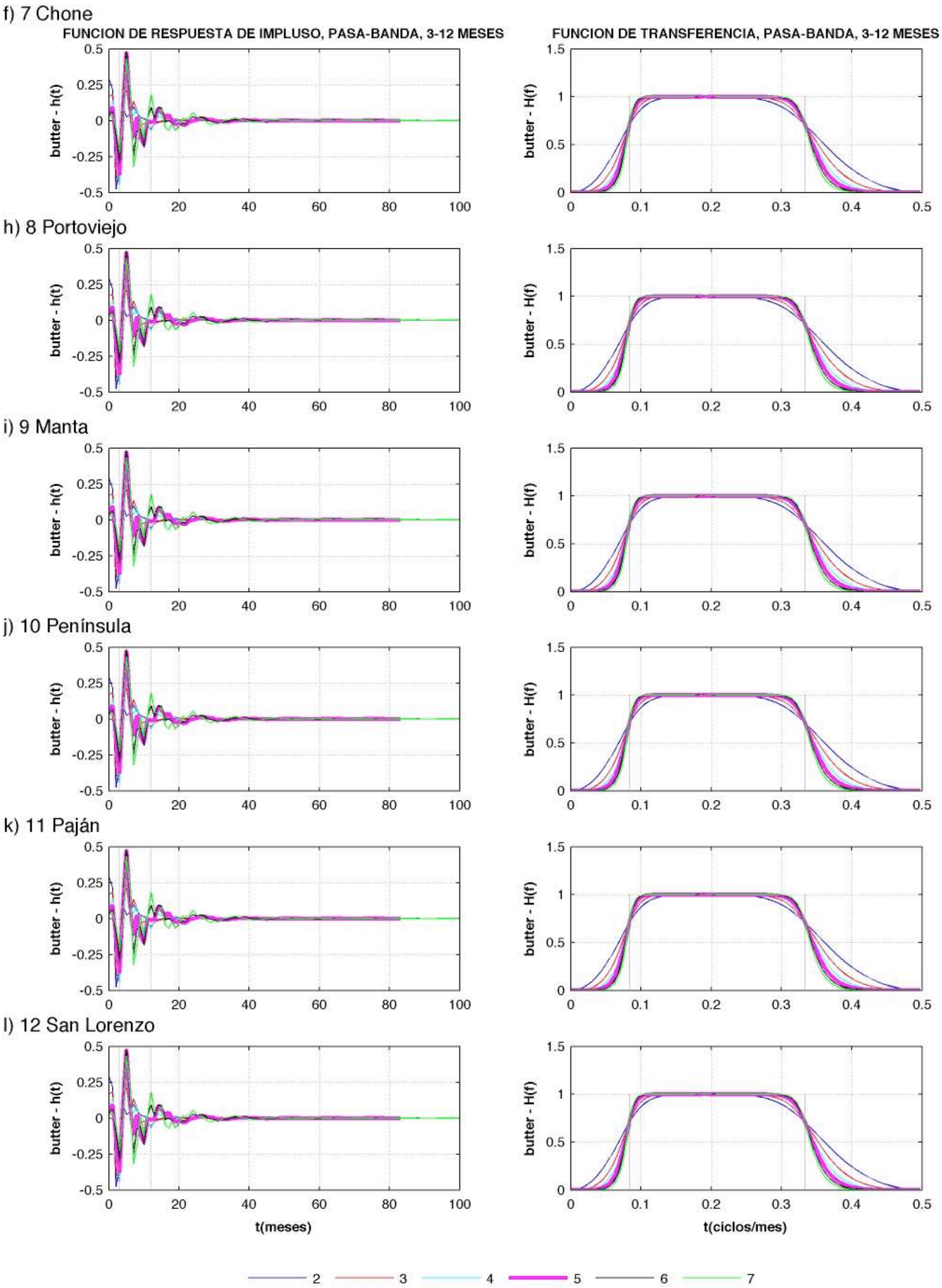
Región 12
San Lorenzo

ANEXO B

Función de respuesta de impulso y función de transferencia para los promedios regionales de precipitación (INAMHI12k). Caso: pasa-banda 3-12 meses.



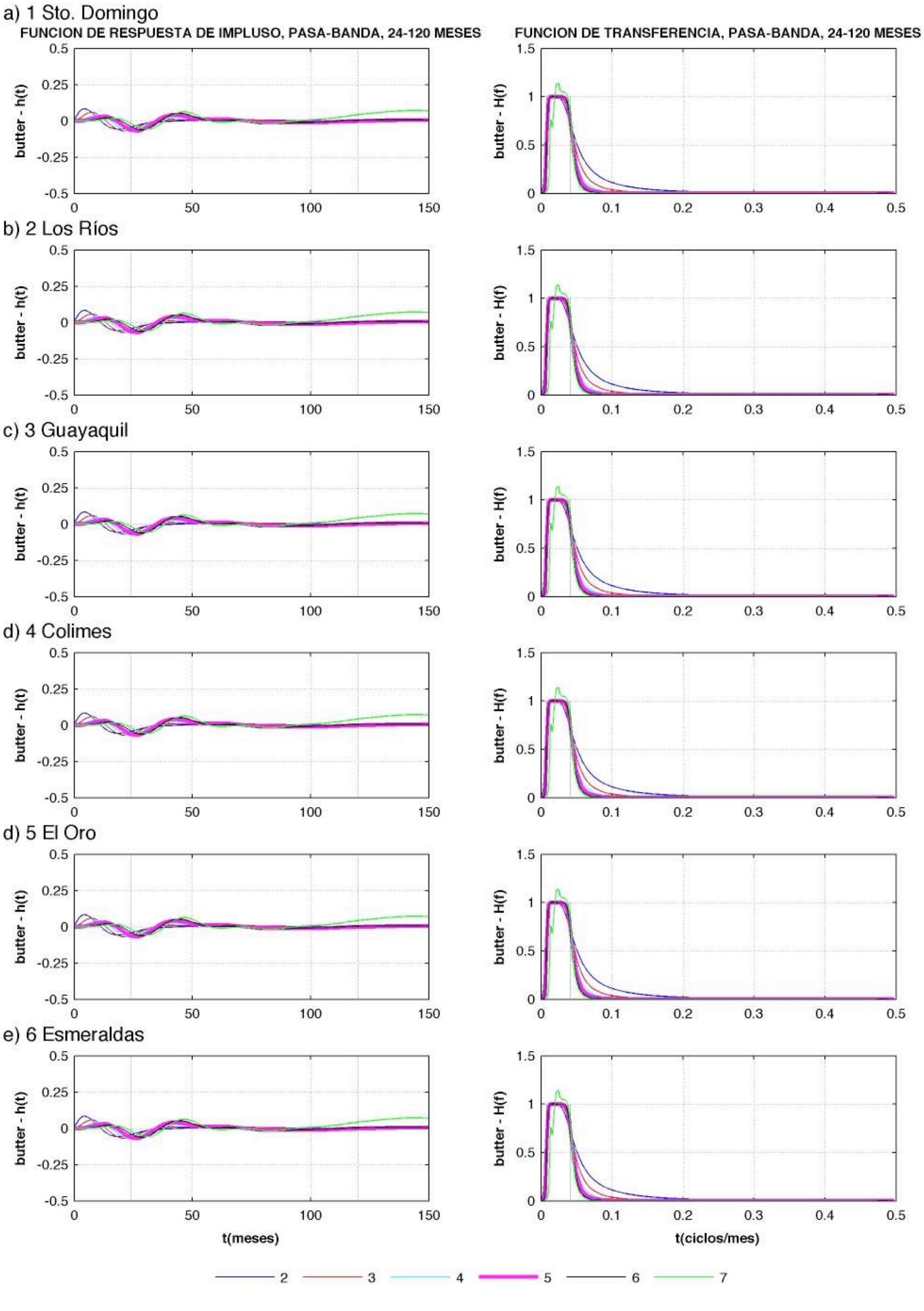
a) 1 Sto. Domingo
FUNCION DE RESPUESTA DE IMPLUSO, PASA-BANDA, 3-12 MESES
FUNCION DE TRANSFERENCIA, PASA-BANDA, 3-12 MESES
b) 2 Los Ríos
c) 3 Guayaquil
d) 4 Colimes
d) 5 El Oro
e) 6 Esmeraldas
butter - h(t)
butter - H(f)
t(meses)
t(ciclos/mes)
2
3
4
5
6
7

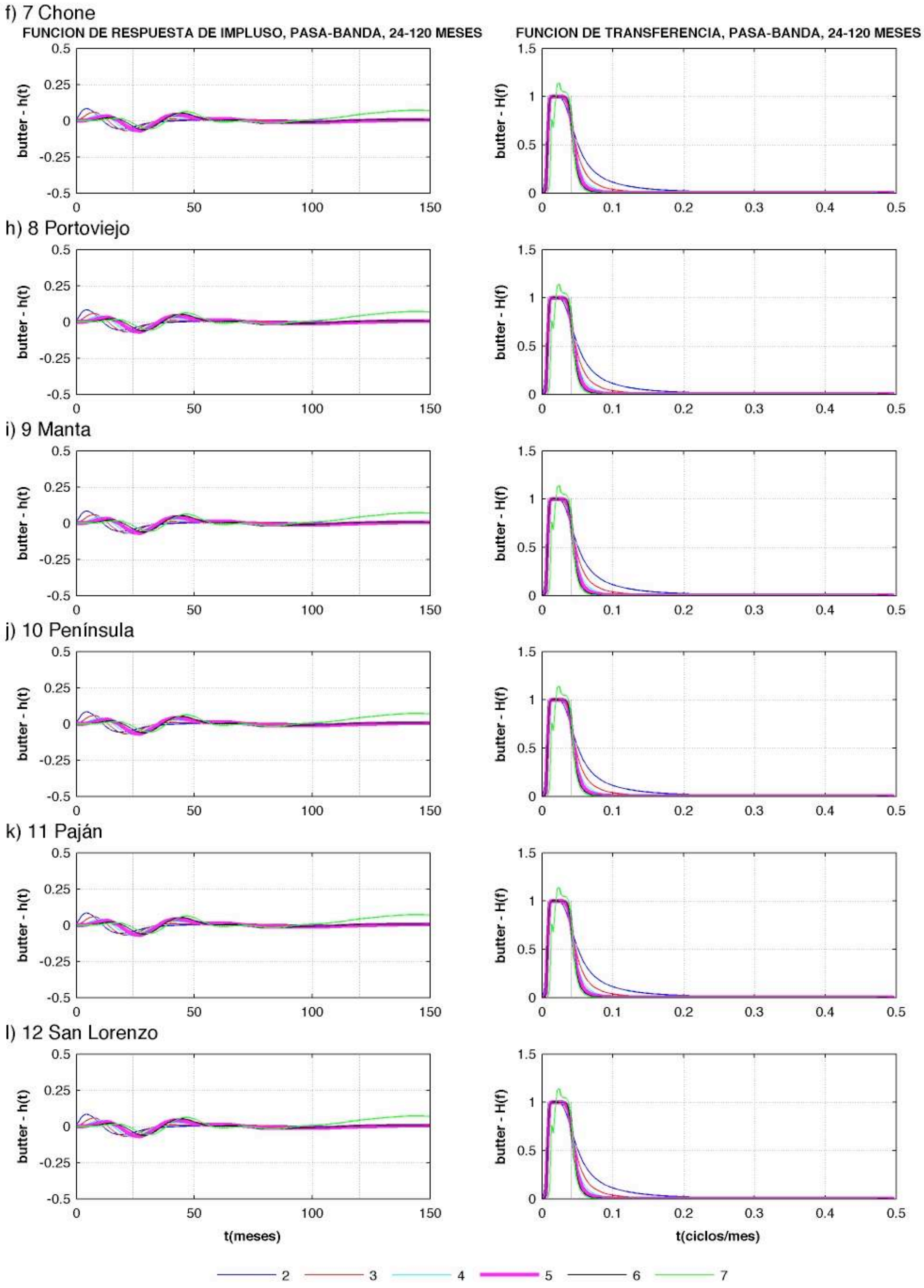


f) 7 Chone
FUNCION DE RESPUESTA DE IMPLUSO, PASA-BANDA, 3-12 MESES
FUNCION DE TRANSFERENCIA, PASA-BANDA, 3-12 MESES
butter - h(t)
butter - H(f)
h) 8 Portoviejo
i) 9 Manta
j) 10 Península
k) 11 Paján
l) 12 San Lorenzo
t(meses)
t(ciclos/mes)
2
3
4
5
6
7

ANEXO C

Función de respuesta de impulso y función de transferencia para los promedios regionales de precipitación (INAMHI12k). Caso: pasa-banda 24-120 meses.


a) 1 Sto. Domingo
FUNCION DE RESPUESTA DE IMPLUSO, PASA-BANDA, 24-120 MESES
FUNCION DE TRANSFERENCIA, PASA-BANDA, 24-120 MESES
b) 2 Los Ríos
c) 3 Guayaquil
d) 4 Colimes
d) 5 El Oro
e) 6 Esmeraldas
butter - h(t)
butter - H(f)
t(meses)
t(ciclos/mes)
2
3
4
5
6
7


f) 7 Chone
FUNCION DE RESPUESTA DE IMPLUSO, PASA-BANDA, 24-120 MESES
FUNCION DE TRANSFERENCIA, PASA-BANDA, 24-120 MESES
h) 8 Portoviejo
i) 9 Manta
j) 10 Península
k) 11 Paján
l) 12 San Lorenzo
butter - h(t)
butter - H(f)
t(meses)
t(ciclos/mes)
2
3
4
5
6
7

ANEXO D

Interpolación Kriging (Generalidades).

Anexo D. Interpolación Kriging (Generalidades)

Kriging es un grupo de técnicas geoestadísticas para interpolar el valor de un campo aleatorio (ej., la elevación Z de un área como función de la ubicación geográfica) en un punto no-observado a partir de observaciones de sus valores en puntos cercanos.

El primer paso en el Kriging ordinario es construir un variograma de los puntos dispersos a ser interpolados. Un variograma consiste de dos partes: un variograma experimental y un variograma modelo. Suponiendo que el valor a ser interpolado es referido como *f*, el variograma experimental es encontrado calculando la varianza (*g*) de cada punto del conjunto con respecto a cada uno de los otros puntos, y graficando las varianzas versus distancia (*h*) entre los puntos. La varianza es computada como un medio de la diferencia de f al cuadrado.

Una vez que el variograma experimental ha sido calculado, la forma del variograma indica que a pequeñas distancias de separación, la varianza en *f* es pequeña. En otras palabras, los puntos que son cercanos entre sí tienen valores similares en *f*. Después de un cierto nivel de separación, la varianza en los valores *f* se vuelve algo aleatoria y el variograma modelo tiende a adoptar una forma más plana, acercándose a los valores correspondientes a la varianza promedio.

Una vez que el variograma modelo fue construido, éste es usado para computar los pesos usados en el Kriging. La ecuación básica usada en el Kriging ordinario es:

$$F(x, y) = \sum_{i=1}^{n} W_i f_i$$

donde n es el número de puntos dispersos en el conjunto, f_i son los valores de los puntos dispersos, y w_i son los pesos asignados a cada punto disperso. Esta ecuación es esencialmente la misma que la ecuación usada para la interpolación de distancia inversa ponderada IDW, excepto que más que usar pesos basados en una función arbitraria de distancia, los pesos usados en Kriging están basados en el variograma modelo. Por ejemplo, para interpolar a un punto *P* basado en los puntos circundantes P_1, P_2 y P_3, los pesos w_1, w_2 y w_3 deben de ser encontrados. Los pesos son encontrados a través de la solución de un sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned}
w_1 S(d_{11}) + w_2 S(d_{12}) + w_3 S(d_{13}) &= S(d_{1p}) \\
w_1 S(d_{12}) + w_2 S(d_{22}) + w_3 S(d_{23}) &= S(d_{2p}) \\
w_1 S(d_{13}) + w_2 S(d_{23}) + w_3 S(d_{33}) &= S(d_{3p})
\end{aligned}$$

donde $S(d_{ij})$ es el variograma modelo evaluado a una distancia igual a la distancia entre los puntos *i* y *j*. Por ejemplo, $S(d_{1p})$ es el variograma modelo evaluado a una distancia iguala a la separación de los puntos P_1 y *P*. Puesto que es necesario que estas ponderaciones sumen uno, es necesario adicionar una cuarta ecuación al sistema:

$$w_1 + w_2 + w_3 = 1$$

Debido a que ahora hay cuatro ecuaciones y tres incógnitas, una variable de relajación λ es añadida al sistema, quedando estructurada de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
&w_1 S(d_{12}) + w_2 S(d_{22}) + w_3 S(d_{23}) + \lambda = S(d_{2p})\\
&w_1 S(d_{12}) + w_2 S(d_{22}) + w_3 S(d_{23}) + \lambda = S(d_{2p})\\
&w_1 S(d_{13}) + w_2 S(d_{23}) + w_3 S(d_{33}) + \lambda = S(d_{3p})\\
&w_1 + w_2 + w_3 = 1
\end{aligned}$$

Las ecuaciones son resueltas para los pesos w_1, w_2 y w_3. El valor f del punto de interpolación es calculado como:

$$f_p = w_1 f_1 + w_2 f_2 + w_3 f_3$$

Mediante el uso del variograma para el cálculo de las ponderaciones, el estimado de error esperado es minimizado en un sentido de mínimos cuadrados. Sin embargo, el minimizar el error esperado al mínimo cuadrado no es siempre el criterio más importante y en algunos casos, otros esquemas de interpolación dan resultados más apropiados.

Una característica importante del Kriging es que el variograma puede ser usado para calcular el error esperado de las estimaciones en cada punto de interpolación debido a que el error estimado es función de la distancia de los puntos dispersos circundantes. La varianza estimada dentro del esquema de interpolación Kriging puede ser calculada como:

$$s_z^2 = w_1 S(d_{1p}) + w_2 S(d_{2p}) + w_3 S(d_{3p}) + \lambda$$

ANEXO E

Códigos MATLAB para la generación de figuras del Capítulo 4 (Análisis de los resultados)

NNNTTTTTTTTTSSSSSSSSSSSS((((((((((((((((((((((,,,,,,rrrgppppppppppppppppppkkkkkkkkkkkkkkGYY66999
99999999)
%%
%%%%%%%%!!!
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!RRRRRRRRRRRRRRRRRNNNNN
NNI6666666666666666666666666666666666666666SSBBBTTT3333
3
33333333333333333333333333*TTTT
T
TTTTTTTTTTTTTTTTT
T
TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT;;;;;;;;;;;;)))))))))))
)
))--
(((]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]
]]
]
]]]]]]555555555555555555555555555555555
55555555555555555555555555555555555555555
55555555555555555555555555555555555555555
55555555555555555555555555555555555555555555555
5
55xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
x
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
x
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx%%6666FFFFFFFFFF
F
FFFFFFFFFFFFFFF
FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF-FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF-FFFFFFFFFFF
FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF
FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF
FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF-FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF
FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF
FFFFFFFFFFFF-FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF
FFFFFFFFFFFFFFF
FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF-FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF-FFFFFFFFFFFF
FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF
FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF
FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF-FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF
FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF
FFFFFFFFFFFF-FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF
FFFFFFFFFFFFFFF
FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF-FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF-FFFFFFFFFFFF
FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF
FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF
FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF-FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF
FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF
FFFFFFFFFFFF-FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF
FFFFFFFFFFFFFFF
FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF-FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF-FFFFFFFFFFFF
FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF
FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF
FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF-FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF
FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF
FFFFFFFFFFFF-FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF
FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF
FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF***
****
****
****
*
************-***********Ãrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
r
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrr++++++++++++++++++
+++
++++++++++++++++++++++++++++++++
+++
++++++++++++++++++++++++++++++++
+++
++
++
++
+
++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
+++++++-++++++++-++

N
%%%%kSSSSS,,,,rrrrrrrrrr(((gggg))(FFFFFFF555555555]
ppppppppppTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTGYY66999999999999999999999999;;;;;;;;;;;;;
;
;;SSI%%6!!!!!!!!!!!!!!!
!
!!xxxxxBBBBB((((((((((((((((((((((((((((((((((-((((((((((((((((((((((((
((((((((((((((((((((((((((((-((((((((((((((((((((((((
((((((((((((((((((((((((((((-((((((((((((((((((((((((
(((-((((((((((((((((((((((((
((((((((((((((((((((((((((((-((((((((((((((((((((((((
((((((((((((((((((((((((((((-((((((((((((((((((((((((
(
((((((((((((((((
((-((((((((((((((((((((-(((((((((((((
(((((((((((((((-((()))))))))))))))))))
))))))))**-******************************
***********************-**
************************-********************************
********RRR-RRN3333333333333333333333333333333333333333333333333333333
333333333333-3333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333
3333333333333333
33333333333333333333333333333333333333333333-3333333333333333333-3333333333333
333333333333333-333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333
33333333333333333333333333333333333333333333333333333333-3333333333333333333333333333333
333333333333333333333333-3333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333
333333333333333333333333-33333333333333333333333333333333
33333333333333333333333333333333333333TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT
TTTTTTTTTTTT-TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT
TTTTTTTTTTTTTTTT
TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT-TTTTTTTTTTTTTTTTTTT-TTTTTTTTTTTTT
TTTTTTTTTTTTTTT-TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT
TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT-TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT
TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT-TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT
TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT-TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT
TTTTTTTTTTTT-TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT
TTTTTTTTTTTT-TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT
TTTTTTTTTTTTTTTTT
T
TTTTTTTT-TTTTTT-TTTTTTTTÃrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
r
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrr-rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrr-rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr-rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr-rrrrr-rrrrr-rrrrr-rrrrr-rrrr-rrrr-rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr+++↙
++++++++++++*******
*
****
****
****
****
****
****
****
****
-**-*****-*****-*****-****-****-******************
**********************-****************************
*
*-
****
*******-********-**
*
****
*
--*****************??????
?
???????jjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjj
j
jjjjjjjjjjjjjjjjjjj
jjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjj
jjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjj
jjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjj
jjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjj
jjj
j
jjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjj

NNNNNNx(((((((((((((((((((SSSSST33RRRgpTT)))),,,,
,,,]]]]
]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]rr(((
(((
(((
(
%%--%**N66
6
6666666666666666
666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666-6665555555555
555555599999999-999999999999-999999SSSSSSSSSSS;;;;;;;;;;
;;;;;;;;***
***********************-***6666666666kkkk
kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk-kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk
kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk-kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk
kkkkkkkkkkk-kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk
kkkkkkkkkkkk-kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk
kkkkkkkkkkkkkkkk
kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk-kkkkkkkkkkkk
kkkkkkkkkkkkkkk-kkkkkkkkkkk-kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk
kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk
kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk-kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk
kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk-kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk
kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk-kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk
kkkkkkkkIIIIIIIIIIGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGG
GGGGGGGGGGG
GGGGGGGGGGGG-GGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGG
GGGGGGGGGGGGGGG
GGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGG-GGGGGGGGGGGGG
GGGGGGGGGGGGGGG-GGGGGGGGGGGG-GGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGG
GGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGG
GGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGG-GGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGG
GGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGG-GGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGG
GGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGG-GGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGG
GGGGGGGGGGGG-GGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGG
GGGGGGGGGGGG-GGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGG
G
GGGGGGGG-GGGGGG-GGGGGGGGÃrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
r
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr!
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
!!
!!!!!!!!!-!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
!!
!!!!!!!!!-!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
!!!
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!-!!
!!!!!!!!!!!-!!!!!!-!!-!!-!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!++++++++++++++++++++++
+
++++++++++++++++++++++++++++++
+++
+++
++++++++++++++++++++++++++++++++++
+++
++++++++++++++++++++++++++++++++++
+++
+++
+++++++++++++++-++++++-++-++-++-++-++-++-++++++++++++++++++++++
+++++++++++++++++++++++-++++++++++++++++++++++++++++++
+++++++++++++-++++++-++-++-+++++++++++++++
+++++++++++++++++++++++-++++++++++++++++++++++++++++
+-
+++++++++++++++BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBB-BBBBBBBB-BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
B
B
B
BBB--BBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBB
B
BBBBBBBBBBBBBBBBB
B
BBBBBBBBBBBjjjjjjjjjjjjjjjjjjjj
j
jjjjjjjj~~~~&&&&&&&&&&&
&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&
&&&
&
&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&

N
NNNNN666(((((((TTjjjjjj(((((;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;,,,,,,,,,,,,,,,,,,&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&
&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&
&&&&&kSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS((((((((((((((((((((((((((((((((]]
]
%%pprrrrrTTTTTTTTTTT6666666ggg55555555555555RRRRRRRRR
RRRRRRRRRRRRRR
RRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRR
RRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRR))))))
))))))))N333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333
33xxxxxxxxxx-xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
xxxxxxxxxxxxxx
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
xxxxxxxxxSSSKKKKKKK-%%%%%%%%%%%%%%%%%IIIII999-999999999999999999999999999999999999999999************
************-*******GGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGG
GGGGGGGGGGGGGG
GGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGG
GGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGG
GGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGG66666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666
666666666666-666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666
6666666666666-6666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666
6666666666666-666666666666666666666666666666-6666666666666666666666666666666
66666666666666666666666666666666666666666666666666666666
66666666666666666666666666
6666666-66666666-66666666666666666666666666666666666666666666666666666
6666666666666666666666666666666666666666666
6
666666666666666666666666666666666666666666666666666666666
66666666666666
66666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666
666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666
66666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666
666666666666-66666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666
66666666666666
66666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666
66666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666
666666666666666666-6666666666666666666666666666666666666666-66666666666666666666666666666666666666666
66666666666
666666666666-6666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666
66666666666666
66666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666
66666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666
666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666
66666666666-66666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666
6666666666666-6666666666YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYY-YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY-YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYY-YYYYYYYY-YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
Y
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYY-YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYY-YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY-YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYY
YYYYYYYYYYYY-YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYY-YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYY-YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYY-YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY-YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYY-YYYYYYYY-YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
Y

...TTTTTT(((kSSSSSST,,SSSSS
SSSSSSSSSSSSSSS]((()
%%%
%%%
%%%NNNNNN6666666666RRGG333333333FFFFFFFFFFFFFFÃ¡¡¡
¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡***³³
³³³ºººººººººººººººººº9999999999
99999999999999999999999999999999999999999999rrrrrrrr
r
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
r
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr55-55555555
5555555555555555555555555-555555555
5555555555555555555555555-555555555
5555555555555555555555555-555555555555555555555555
55555555555555))))))))))))))))))))))))))
))))))))))))))))))))))))))BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB&&&&&&&&&&&&&&&&&&&jj
jjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjKKKKKKK-%%%%%%
%%
%%%
%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%ppppppppppppppppppppppppp
ppppppppIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII
IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII
IIIIIIIII-66666666666666666666666666
6666666666666666666666666666666666666
6666666666666666
6
66666YYYYYYYYYYYY++++++++++++++++;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;
;;;;;;;;;;1111111111111111111111
1
111111111111111\\\
\
\\\
\\
\\\
\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\
\
\\
\\
\\%%
%%%TTTTTTTTTTTTTTTTTT
TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT-------------------------
----

-

-

---------------------------------{{YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY1
1111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111
111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111
11111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111
11111111111111111111111111111111111111111111111
1111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111
11111111111111111111
111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111
1111111111111111111111111111111111111111
11111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111

......))))
))))))))))),,,,,,TTTTTTTT{{YYYYYY](((kkkkkkkkkkk
kkkkkkkkkkkkkk)))))))));;;;;
;;;;%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%TTTTTTTTTTTTTTT
TTTTTTTTT(((
((((((((((((((((((((((
(((
((((((((((((((((((((((((((((((
((((((((((((((((((((((((((((((((((((((3333331111111111
11111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111111
111111111111115555555555555555555555555555555555555555555555555555555555555555555555555555555555555555
5555555555555555555555555555555555555555555555555555555555555555555555555555555555555555555555
5555555555555555555555555555555555555BBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBB999999999999999999999999999
99999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999
99999999999999999999999999999999999999SSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSS
S
SSSSSSSSSSSSSSSSRRRRRRRRRRRRRRRRRRR
R
RRRR******SSSSSSSSS
S
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
S
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSS
SSSSSSSSSSSSS
SSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS-SS
S
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS____
_
____
_
____
_
____
_
____
_
____
____
____
____
____
____
____
____
___________________xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
xxxxxxxxxXXXXXXXXXXXXXXXFFFFFFFF66666666IINN6666666666666666666
66666666666666666666
666666666666666666666666666666GGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGG
GGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGG-GGGGGGGGGGGGGGGG*************
****
****
**************************YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYY-YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
Y
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY++++++++++++++++++++++++++++
+++-++
+++++++++++++++++++++++++++++++
+++-++
+++++++++++++
+++-++
+++++++++++++
++-+++
++++++++++++++++++++++++++++++++++++-++++++++++++++++++++++++++
+++
+++
++

........******()))))))),,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,SSSSSSSSSSSSS)
)
)))))))))))))))))))))))))))+++++%%%%%%%%%TTTTTTTTTTTT((((55
5555555555555(((((((((((([[]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]{{YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY¥
YYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYxxxxkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk↙
kkkkkkkXTTTTTTTTTTTTT_FFFF3333666666SSIINN666666666666666666666
6666666666666666666RRRRRGGGGGGGGGGGGGGGGG
GGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGG
GGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGÃ³³
³
³³³³³³³³³³³³³³³³³³³³³³³³³³;;;;;;;;;;;;;;;;;999999999999999999
9
9999999999999999999
999999999999
999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999
999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999
999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999
9999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999
99999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999
999999999999999999999999999999999999999999^^^
^^^^^^^^^^^
^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^_^^^^^^^^_^^
^^^
^^^^^^^^^^^
^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^
^^^^^^^^^^^
^^
^^
^^
^^
^^^
^^
^^^^^^^^^^^
^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^_^^^^^^^^_^^
^^^
^^^^^^^^^^
^^^^
^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^
^^^^^^^
^^^^^^
^^^^
^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
B
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBB
BBBBBBBBBBBBB
BBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB-BB
B
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
B
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
B
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
B
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
B
BBBBBBBBBBB
B
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB↙
BBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB↙
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB-BBBBBBBBBBBBBBBB*************
****
****
************************YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYY-YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY¥
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
Y

....
...............((,,,,,,,,,,,++)))%%BBBBBBBBBBBBTTTTTTTT
TTTTTTTTTTTTT())))))))))))]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]{{YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYxxxxkkkkkkkkkkkk********-*****55555555XTTTTTTTTTTTT_FFFF3333666666SSIINN666666
66666666666666666666666666666666-666666666666666666666666666
66666666666666666666666666666666666666SSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSRRRRRGGGGGGGGGGGGGGGG
GGGGGGGGGGGGGGGGGG\\
\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\jjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjj
jjjjjjjj
jjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjj((((((
((
(((
(((
(((
(((
(((
((
((
((((((((((((((((((((((((((Ã³³
³
³³³³³³³³³³³³³³³³³³³³³³³³³³;;;;;;;;;;;;;;;;;9999999999999999999
9
9999999999999999999
999999999999
99999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999
99999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999
99999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999
9999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999
99999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999
999999999999999999999999999999999999999999999^^^
^^^^^^^^^^^^
^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^_^^^^^^^^^_^^
^^^
^^^^^^^^^^^^
^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^
^^^^^^^^^^^^
^^^
^^^
^^^
^^
^^
^^
^^^^^^^^^^^^
^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^_^^^^^^^^^_^^
^^^
^^^^^^^^^^^
^^^^
^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^
^^^^^^^^
^^^^^^^
^
^^^_^^^_^^
^
^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^
^^^^
^^^^^^^^^^^^^
^^^^
^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^
^^^^
^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^_^^
^
^^^
^
^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^
^
^^
^
^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^
^
^^^^^^^^^^^
^
^^
^^^
^^^
^^^
^^
^^

{{Y,))))));;]]
]]]]]]]]]]]](((((((((TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT
TTTTTTTTTTTTTTTTTTxxxxkkk((((((((((((((((((((((******
*********XTTTTTTTTTTTTT_FFFF3333666666SSIINN66666666666666666666
66666666%%%%%%%%%%%%(((
(((((((((((((((((((((((((((RRRRRGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGG
GGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGG-GGGGGGGGGGGGGGGGG**99999999999
9999999999999
99999999999999999999999999999999999SSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS+++++++++++++-+++++++++++++++++++
+++++++++++
+++
+++++++++++++++++++++++++YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYY-YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYY-YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYY
YYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB-BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB-BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB-BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB-BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB-BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB-BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB-BBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB--BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB-BBB--BBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBB\\
\\\
\\\\\\\\\\\\\\\\
\\\
\\
\\\\\\
\\
\\\
\\\
\\\
\\
\\\
\\Ã³³
³
³³
³
³³³³³³³³³³³³³³³³³³³³
³³³³³³³³³³³³
³³³
³³³
³³
³³³
³³
³³
³³
³³³^^
^^^^^^^^^^^^
^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^_^^^^^^^^^_^^^
^^
^^^^^^^^^^^^
^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^
^^^^^^^^^^^^

.................((,,,,,)))xxxxxxx))))))))))))SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS**
****
****
****
************************************II3NNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNN
NNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNSSSGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGG
GGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRR
RRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRÃ^^
^^^^^^^^^^^
^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^-^^^^^^^^-^^^^^^((((((55555555555555555TTTTTT]]]]]]]]]]]]]]]]]]]
]]
]]]]]]]]]]
]]]]
]]]]]]]]]]]]]](((((((++;
;;;;;;;;
;;;;;;;
;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;kkTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT
T
TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT
TTTT
TTTTTTTTTTTTT
TTTT
TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT-TT
T
TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT____
_
____
_
____99999999999999999999999999999999999999999
9
99999999999999999999
9
99999999999
9
999999999999999999999999999999999999999999BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY%%%%%%%
%%%
%%6666666666666666666666-66666666666666666666666666
6666666666666666K%%
%%%
%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%-%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%{{YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYY-YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYY
Y
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY-YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
Y
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY-YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
Y
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjj
jjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjj
jjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjj
jjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjj
jjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjj
jjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjj
jjjjjjjjjjjj
jjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjj-jjjjjjjj-jjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjj
jjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjj
jjjjjjjjjjjj
jjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjj
jjjjjjjjjjjj

...................((,,,,,)))xxxxxxx)TTTjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS**
****
****
*********************************TTSSSK%%%%%RRRRRII333333333333333333333333333333333333333333
333333333333333333333333333333333333333333333333333NNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNN
NNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNN
NNNNNNNNNNNN
NNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNN-NNNNNNNN-NNNNNN((((((((((((((((((((((((((((55]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]
]]]
]]]]]]]]]]]
]]]]
]]]]]]]]]]]]]]((((((++;
;;;;;;;;
;;;;;;;
;;;;
;;
;;;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;;;
;;;;;;;;;;;;;
;;;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;-;;
;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;____
_
____
_
____9999999999999999999999999999999999999999999
9
9999999999999999999999
9
99999999999
9
999999999999999999999999999999
9999999999999999999999999999999999999999999999999999{{YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYkkkkkk
kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk**
**XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXGGGGGGGG66666666666666666666666666666666666666666666666666
666666666666666666666666666666666666666666666666666666-66666666666666666666666666666
66666666666
66666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666
666666666666666666%%%
%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%Ãrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrr
rrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB-BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB-BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB-BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB--BBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB-BBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB--BBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB-BBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB-BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB

............(())))))))99999999],TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT{{YYYYY55555))))))))))))))))))))))))))
))))))))))))))))xxxxkkkkkkkkkkkkkkkkkXTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT******
****
********%%%%%%%%%%RRRRRGGGGGGGG66666666666666666666666666666SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSÃ3333333333333333333333333333333333333333
333333333333333333IIIII3333^NNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNN
NNNNNNNN
NNNNNNNNNNNNNNN((((((((++;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;;;;;;;;;;;
;;rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS-SSSSSSSS-SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS-SSSSSSSS-SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSS
SSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSS
SSSSSSS
SSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBB
BBBBBBBBBBBBB
BBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB-BB
B
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB____
_
____
_
____
_
____
_
____
_
____
____
____
____
____
____
____***
****
****
****
****
-*****************************
****
****
****
****
****
****
****
*
****
****
****
****
****

999999999999(())))))))))))))))))],,,,,,,,,TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT{{YYYYYYY)))))))))))))))))))))))))))
))
))kkkkkkkSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSxxxxxxxxxxx5555555555XTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT*******-****************
*************************************-**************************
********%%%%%%%%%%RRRRRGGGGGGGG666666666
666666666666666666666666jjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjjj
jjjjjjjjjjjjjjjjjj\\BB3SSSSSSSSSSSSSSSIIIINNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNN
NNNNNNNN
NNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNN++++
+++
++++++++
+++
+++
++
+++++++++++++++++++++++++
++
+++++++++++++++++++++++++Ã3333333333333333333333333333333333333333333333333
3333333333333333333333333333^^
^^^^^^^^
^^^^^^^^^^^^^^^^((((((((((;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;;;;;;;;;;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr-rrrrrrrr-rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr-rrrrrrrr-rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrr
rrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrr
rrrrrrr
rrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrr
rrrrrrrrrrrrr
rrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr-rr
r
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr____
_
____
_
____
_
____
_
____
_
____
____
____
____
____
____
____***
****
****
****

........%%%%%%%((((((())RRR,,GGGGGGGG6666666NNNNkkkkkkTTTTTTTTTTT);;;;;;;;;;;;xxxxxxx
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx(-(((((((((((((((((**999999999]]
]]]]]]]]]]]]
]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]SSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS33333333333333333333SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS+++++55555555-555555555555555555
5555555555
555555555555555555555555555555555555555555555555555555555555555555555555555555{{YYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY******
****
******************Ãrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
rrrrrrrrrrrrTIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII
I
IIIIIIIIIIIIIIIIIII
IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII
IIIIIIIIIII
IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII
IIIIIIIIII
IIIIIII
IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB-BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB-BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB-BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB--BBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB-BBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB--BBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX-XXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX-XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX-XXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXX-XXXXXXXXXXXXXX-XXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX--XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX-XXX--XXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXX\\\
\\
\\\\\\\
\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\
\\\
\\\\\\\
\\
\\
\\\
\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\
\\\
\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\3333333333333333333333333333333333333333333333
3333333333333333333333333^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^
^^^^^^^
^^
^
^^^^^^^^^^^^^^^^^^
^^^^^^^^^^^
^^^
^^^
^^^
^^^
^^
^^^
^^
^^
^^^^^^^^^^^

.......................,,,,,,,()-))))))))-))))))(((((((((((((((((((((((((((((TTTT55]))))))))))))))))))))))
)))
)))))))))))))
))))))))))))))))))))))))((((
(((((((((((((
((((((((((((((((((((((((((((((((xxxxxxxxxÃrrrrrrrrrSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS**
****
****
****
***************************************TII3333NNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNN
NNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNNSSSGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGG
GGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRR
RRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRR^^
^^^^^^^^^^^^^
^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^_^^^^^^^^^_^^
^^^
^^^^^^^^^^^^
^^^^
^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^^++;
;;;;;;;;
;;;;;;;
;;;;
;;;
;;;;
;
;

pppTTTTTT((((((((((,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,
,,,,,,,,,bbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbb]((
(((((((((((((((((kkkkkkkkkkk)
%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999
9999999999999999999999999999999
99999999!!!
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!RRRRRRRRRRRRRRRRR66666
6
666666666666666666666666XXXXX
X
XXXXXSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSS
SSSSSGGG**pppp
pp44444444444
44444444III
IIIIIIIIIIIIIII
IIIIIIIIII
IIIIIIIIIIIIIjj
jjjjjjjjjj-66666666
66666666666666
66666666666
6666666666666666
666666666666666
6
66--66666666666
6
666666666666;;;;;;;;;xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx))))))))
)))
)
))--))))
)
)))))))))))))))))))))))))))))33333333333
33333333333333333333333333333333333333
33333333333333333333333333333333333333333333
333333333333333333333333333333333333
3
3333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333
3333333333333333333333333333333333333333
33333333333333333333TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTYY%%
%%TTTTTTTTTTTTTTTTT
TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTÃ-------------------------
----
--¡¡
¡¡
¡¡
¡¡¡
¡
¡¡¡
¡¡
¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡
¡
¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡
¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡+++
+++++++++++++++++++++++++++++++++++++
+
+++++++++++++++++++++++++++
++++
+++
++++
+++++++++++++++++++++++++++++++++++{{YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY11111111111
11111111111111111
111111111111111111111111111111111111111-11&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&
&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&
&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&
&&&&&
&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&
&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&
&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&
&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&
&&&&&&&&&&&&&&&&&&&
&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&-&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&
&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&
&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&
&&&&&
&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&

((((((((((((((((())),,,,,
,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,TTTTTTTT{{YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYY;;]]
]]]]]]]](((((((((((((((
(((((((((((((((((((((((GYYYjjjjjjjjjjjjjj-jj&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&++
+++++++++++++++++++++++++
+++++++++(((
(((((
(((kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk
kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk
kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk
kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk
k
kkkk%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%BBBBBBB33333
333333333333333333333333333333333333333333333333
33333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333
3333333
3333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333
3
3333333333333333333333333333333333333333
3333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333
333333333
333333333333333333333333333333444444444444444444444444444444444444444444444444444444444444444444444444444
444444444
4444444444444444444444444444444444444444
44444444444444bbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbb
bbbbbbbbbbbbbbbbbbbbb
bbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbb
bbbbbbbbb
bbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbTTTTTTTTTTTTTTT
TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT
TTTTTTTTTT
TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT
TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT
TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT
TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT
TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT
TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT
TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT
TTTT
TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT
TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT
TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT
TTTT
TTT
T
TTTTTTTTTTTTTTTT
TTTT
TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT
TTTT
TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT
T
TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
x
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx-xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx-x9999999999999999999999999999999999999999999999
99999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999-9999999999999999999999999999999999999999
9999999999999999999999
9999999999999999999999999999999999-999999999999999999999999999999999999999999999999
999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999-9999999999999999999999999
9999999999999999999999999999999999999
9999999999999999999999999999999999-999999999999999999999999999999999999999999999999
999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999-9999999999999999999999999
9999999999999999999999999999999999999
99999999999999999999999999999999999999999999999999999999
9999999999999999999999999999999999999-999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999
999999999999-999999999
99999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999-9999999999999
9999999999999999999999999999999999999999999
9999999999999999999999999999999999999-999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999
999999999999-999999999
99999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999-9999999999999
99999999999999999999999999999999999999999999
9999999999999999999999999999999999999-999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999
999999999999-999999999
99999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999999-9999999999999
99999999999999999999999999999999999999999999
9
9999999

p
ppp
p
p
ppppppTTT((((,)))))))((((
(
((((((((((((((((((((]]
]]]]
]]]]%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%;
;;;;;;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;;;;;;;;;;
;;;xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
xxxxxxxxxxxxxxxxxxx
x
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxGYYYjjjjjjjjjjjjj-jj&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&
&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&&+++++++++++++++++++++++++
+++++++++++++bbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbb333333333333333333333333333333
3333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333{{YYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY
YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYkkkkkkkkkkk
kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk
kkkkkkkkkkkkkkkkkkRRRRRRRRRRRR6666666666666
66666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666*****************
****
***-**-*999999_FFFFFFFF666666SSIIIIIIIIIII
IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII-IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII-IIIIIIIII
IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII
IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIISSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS-SSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
S
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS-SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS-SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS-SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS-SSSSSSSSSSSSSSSSSS
S-SSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS-SS-SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS-SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS-SSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB-BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB-BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
B
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
B
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBB
B
BBBBBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBB
BBBBBBBBBBBBB-----BBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBBÃ********************
****
****
****
****
****
****
****
**
**************-----****

444444444444
4444444444444TTTTTT((((((((++;
;
;;;;;;;;;;;
;;;;;;;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;,,%%%%%((((()))))))))))))))))))))))))))))))))
))))))))))))))))-))))))))-))))))((FFFRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRR{{YYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYYY]]]]
]]]]]]]]]]]
]]]]]]]]
]]]]]]]
]]]]
]]]
]
]]]]**********************
*
****
****
**************************************xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
x
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
x
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
xxxx
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx-xx
x
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx____
_
____
_
____99999999999999999999999999999999999999999999
9
9999999999999999999999
9
99999999999
9
9999999999bbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbGGGGGGGG666
666666666666666666666666666666666666666666********************************
*************************--************************************
****
****
****
*************************--*****************************
**-
*****************--*****************************
****
-*************kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk-kkkkkkkk
kkkkkkkkkk
kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk
kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk-kk-kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk-kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk-kkkkkkkkk
kkkkkk
kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk-kk-kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk-kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk-kkkkkkkkk
kkkkkk
kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk-kk-kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk-kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk
-kkkkkkkkkkkkkk
kkkkkkkkkkk----
kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk
kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkSSSSS33333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333
3333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333-33333333333333333333
33333333333
3333333333----
33333333
333333333333333333333
33333333333333333-333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333333
333333SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSS-SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSS
SSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS--SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS-
SSSSSSSSSSSSSSSSSS--SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS-SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS-SSSSSSSSSS
SSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS-SS-SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS-SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS-SSSSSSSSS

_),,,,
,,,,,,,,,,,,,,,,,,((((((((-()-)9999999999999999999999999-9999999999999999999999999+++-+++++++++
++++++
++++++++++++++++++++++++++++-++-+++++++++++++++++++++++++++-++++++++++++++++++++++++++++++
-++++++++++++]]
]]]]]]]]
]]]]]]]]]]bbbbbbbbbbbbbbbbbbbbbb
bbbbbbbbbbbbb(((
((((((((((
(((((((((((((((((((((((((((((((((((((((********************TTTTTTTT
{{YYYYY44444444444********--************************;;;;;
;;-
;;;;;;;;;;;;;;;;;;--;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;;;;;;;;;;;;;;;;;;xxxxxxxxxxx
xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx-xxxxxxxxxxxxxxxxkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk-kkkkkkkk
kkkkkkkkkk
kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk
kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk-kk-kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk-kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk-kkkkkkkk
kkkkkk
kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk-kk-kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk-kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk-kkkkkkkk
kkkkkk
kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk-kk-kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk-kkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkkk
-kkkkkkkkkkkkk
k
kkkkkkkkkkkkkkk(((
(((((((
(((((((((((((((((((
(
(((((((((((((((((((((((((((((((((((((((ÃrrrrrrrrrSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
S
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
S
SSSSSSSSSSSSSSSS
S
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
S
SSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSS
SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSGIIITT33333333RRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRR
RRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRR
RRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRR6666666666666666666666666666666666666666666
6
6666666666666666666666666666666666666666
6
66666666666666666666666666666666-66666666-6666666666666666666666666666666666666666666666666666
666666666666666666666666666666666666666666666666
6
6666666666666666
6666666666666666
66666666666666666666666666666666-66666666-6666666666666666666666666666666666666666666666666666
666666666666666666666666666666666666666666666666
6666666666666666
666666666666666
6
6666666666666666666666666
6
66666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666
66666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666
66666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666
666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666
666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666
66666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666
666666666666
6666666666666666666666666666666666666666
6
6666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666
6666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666
6666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666666
6
6666666666666666

p
pppppppppppppppppppbbbbb((,,,,,)))xxxxxxx))ÃrrrrrrrrrrrrrrSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS**
****
****
*
****
*
***********************************SSSGIIITT3333333RRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRR
RRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRR
RRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRR66666666666666666666666666666666666666666666
6
666666666666666666TTTTTTTTTTTTTTTTTTT((((
((((((((((((((((
((((((((((((((((((((((((((((((((((-((((((((-((((((((((((((((((((((((((((((((((((((]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]
]]]
]]]]]]]]]]]]]]]]
]]]]]]]]]]]]]]]]
]]]]]]]]]]]]]]]]
]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]-]]]]]]]]]-]]]
]]]
]]]]]]]]]]]]]]]]
]]]]]]]]]]]]]]]
]]]]]]]]]]]]
]]]]]]]]]]]
]
]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]]++;
;
;;;;;;;
;;;;
;;;
;
;

BIBLIOGRAFÍA

1. Alexandersson H. (1986). A Homogeneity test applied to precipitation data. *J. Climatol.* **6**, 661-675.
2. Beaulieu C., T.B.M.J. Ouarda y O. Seidou (2007). Synthèse des techniques d'homogénéisation des séries climatiques et analyse d'applicabilité aux séries de précipitations. *Hydrol. Sci. J.* **52**(1). 18-37.
3. Bendix J. y W. Lauer (1992). Die Niederschlagsjahrszeiten in Ecuador und Ihre Klimadynamische Interpretation. *Erdkunde* **46**, 118–134.
4. Bendix J. y A. Bendix (1998). Climatological Aspects of the 1991/1992 El Niño in Ecuador. *Bull. Inst. Fr. Études Andines* **27**(3), 655-666.
5. Bendix J., R. Rollenbeck y E. Palacios (2004). Cloud detection in the Tropics-a suitable tool for climate-ecological studies in the high mountains of Ecuador. *Intl. J. Remote Sensing* **25**(21), 4521-4540.
6. Bosilovich M.G., J. Chen, F.R. Robertson y R.F. Adler (2007). Evaluation of Global Precipitation in Reanalyses. Proc. of the 21st Conference on Hydrology. San Antonio TX, United States. January, 2007.

7. Brewer A.M. y K.J. Gaston (2003). The Geographical Range Structure of the Holly Leaf-Miner. II. Demographic Rates. *J. Anim. Ecol.* **72**(1), 82-93.

8. Brunet-Moret Y. (1979). Homogénéisation des précipitations. *Cah. ORSTOM, sér. Hyd.*, **16**(3-4), 147-170.

9. Cedeño J. y M.P. Cornejo-Grunauer (2008). Evaluation of Three Precipitation Products on Ecuadorian Coast. Presented as Poster at 3rd World Climate Research Program WCRP International Conference on Reanalyses. Tokyo, Japan. January 2008.

10. Centella A. y A. Bezanilla (2008). Escenarios de Cambio Climático para Ecuador. Una Evaluación de los Resultados Parciales Obtenidos. *Rep. Técn*. Proyecto de Adaptación al Cambio Climático a través de una Efectiva Gobernabilidad del Agua PACC, Ministerio del Ambiente. Quito.

11. Chen J.M., W.M. Ju, J. Cihlar, D. Price, J. Liu, W.J. Chen, J.J. Pan, A. Black y A. Barr (2003). Spatial Distribution of Carbon Sources and Sinks in Canada's Forests. *Tellus, Series B: Chem. Phys. Meteorol.* **55**(2), 622-641.

12. Conover W.J. (1980). Practical Nonparametric Statistics. 2nd Edn., J. Wiley & Sons, New York.

13. Cornejo-Grunauer M.P. (2005) Final Report of IAI CRN-038 "Multi-Objective Study of Climate Variability for Impact Mitigation in the Trade Convergence Climate Complex" Project. *Tech. Report*, ESPOL, Guayaquil.

14. Daly C., R.P. Neilson y D.L. Phillips (1994). A Statistical-Topographic Model for Mapping Climatological Precipitation over Mountainous Terrain. *J. Appl. Meteorol.* **33**(2), 140-158.

15. Daly C., W.P. Gibson, G.H. Taylor, G.L. Johnson y P. Pasteris (2002). A Knowledge-Based Approach to the Statistical Mapping of Climate. *Clim. Res.* **22**(2), 99-113.

16. Deutsch C.V. y A.G. Journel (1992). GSLIB - Geostatistical Software Library and User's Guide, Oxford University Press, New York, 338 pp.

17. Eclima (2000). Distribución de la Precipitación. Publicado en línea en: http://www.fimcm.espol.edu.ec/Webpages/Eclima/investigacion/rainfall.htm

18. Gómez L. (2004). Relación entre Datos de Malla y Registros a Pequeña Escala: Aproximación Metodológica. *El Clima entre el Mar y la Montaña*. **A**(4), 483-492.

19. Golden Software (2002). Surfer 8.0 User's Guide. Golden CO.

20. Gruber A. y V. Levizzani (2008). Assessment of Global Precipitation Products. WCRP Report **128.** WMO/TD-NO. 1430.

21. Guibas L. y J. Stolfi (1985). Primitives for the Manipulation of General Subdivisions and the Computation of Voronoi Diagrams. *ACM Transact. on Graph.* **4**(2), 74-123.

22. Hernández F. (2006). Análisis de la Variabilidad Climática de la Costa Ecuatoriana durante el período 1949-2004. Tesis de Grado en Oceanografía. FIMCM-ESPOL, Guayaquil.

23. Hernández F. y E. Zambrano (2007). Inicio, Duración y Término de la Estación Lluviosa en Cinco Localidades de la Costa Ecuatoriana. *Acta Oceanográfica del Pacífico* **14**(1), 7-11.

24. INAMHI (1996). Anuario Meteorológico 1995, **35**. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI. Quito.

25. INAMHI (2006). Anuario Meteorológico 2005, **45**. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI. Quito.

26. Kuhn K.G., D.H. Campbell-Lendrum, B. Armstrong y C.R. Davies (2003). Malaria in Britain: past, present, and future. Proc. of the National Academy of Sciences of the United States of America **100**(17), 9997-10001.

27. Kruskal W.H. y Wallis W.A. (1952). Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis. *J. Amer. Statist. Assn.* **47**, 583-621.

28. Kruskal W.H. y Wallis W.A. (1953). Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis *Errata*. *J. Amer. Statist. Assn.* **48**, 907-911.

29. Lee D.T. y B.J. Schachter (1980). Two Algorithms for Constructing a Delaunay Triangulation. *Intl. J. Comp. Inform. Sci.* **9**(3), 219-242.

30. Legates D.R. y C.J. Willmott (1990b). Mean Seasonal and Spatial Variability in Gauge-Corrected, Global Precipitation. *Intl. J. Climatol.* **10**, 111-127.

31. Martínez R., A.G. Muñoz y M. Paredes (2008). Progress on Seasonal Prediction in the Andean Region. Oral Presentation at 4th Alexander von

Humboldt International Conference, The Andes: Challenge for Geosciences. Santiago, Chile. November 2008.

32. The MathWorks (2002). Statistics Toolbox for Use with MATLAB. User's Guide, Version 4. Natick, MA.

33. Mesquita M. y S. Halldórsdóttir (2005). Data Analysis: Filtering, Crosscorrelation, Coherence and Applications to Geophysical Data using MATLAB. *Tech. Report*, University of Bergen, Bergen.

34. Ministerio del Ambiente (2001). 1era Comunicación Nacional de la República del Ecuador acerca de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Ed. Luis Cáceres Silva. Comité Nacional sobre Clima, Ministerio del Ambiente, Proyecto ECU/99/G31 Cambios Climáticos. Quito.

35. Mitchell T.D. (2004). Frequently Asked Questions CRU TS 2.0 and time-series analysis: advice for users. Published online at: http://www.cru.uea.ac.uk/~timm/grid/ts-advice.html

36. Mitchell T.D., M. Hulme y M. New (2001). Climate Data for Political Areas. *Observations*, 109-112.

37. Mitchell T.D., T.R. Carter, P.D. Jones, M. Hulme y M. New (2004). A comprehensive set of high-resolution grids of monthly climate for Europe and the globe: the observed record (1901-2000) and 16 scenarios (2001-2100). *Tyndall Working Paper* **55**, Tyndall Centre, UEA, Norwich. http://www.tyndall.ac.uk/

38. Mitchell T. y P.D. Jones (2005). An Improved Method of Constructing a Database of Monthly Climate Observation and Associated High-Resolution Grids. *Intl. J. Climatol.* **25**, 693-712.

39. National Oceanic and Atmospheric Administration NOAA, National Geophysical Data Center NGDC (2006). 2-minute Gridded Global Relief Data (ETOPO2v2). http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/fliers/06mgg01.html

40. New M., M. Hulme y P.D. Jones (1999). Representing Twentieth Century Space-Time Climate Variability. Part 1: Development of a 1961-90 Mean Monthly Terrestrial Climatology. *J. Climate* **12**, 829-856.

41. New M., M. Hulme y P.D. Jones (2000). Representing Twentieth Century Space-Time Climate Variability. Part 2: Development of 1901-96 Monthly Grids of Terrestrial Surface Climate. *J. Climate* **13**, 2217-2238.

42. Peterson T.C. y R.S. Vose (1997). An overview of the Global Historical Climatology Network Temperature Database. *Bull. Am. Met. Soc.* **78**, 2837-2849.

43. Peterson T.C., R. Vose, R. Schmoyer y V. Razuvaev (1998c). Global Historical Climatology Network (GHCN) Quality Control of Monthly Temperature Data. *Intl. J. Climatol.* **18**, 1169-1179.

44. Pourrut P., O. Róvere, I. Romo y H. Villacrés (1995). Clima del Ecuador. En: El Agua en el Ecuador: Clima, Precipitaciones, Escorrentías, Artículo III. Ed. por P. Pourrut. L'Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération ORSTOM. Quito.

45. Rossel F., R. Mejía, G. Ontaneda, R. Pombosa, J. Roura, P. Le Goulven, E. Cadier y R. Calvez (1998). Régionalisation de l'influence du Niño sur les précipitations de l'Equateur. *Bull. Inst. Fr. Études Andines* **27**(3), 819-827.

46. Rudolf B. y U. Schneider (2005). Calculation of Gridded Precipitation Data for the Global Land-Surface using in-situ Gauge Observations. Proc. of the 2nd Workshop of the International Precipitation Working Group IPWG. Monterey CA, United States. October 2004.

47. Shepard D. (1968). A Two-Dimensional Interpolation Function for Irregularly Spaced Data. Proc. of the 23rd ACM National Conference, Brandon/Systems Press, Princeton NJ, United States. 517-524.

48. Wang X.L. (2007a). Penalized maximal *F*-test for detecting undocumented mean-shifts without trend-change. *J. Atmos. Oceanic Tech.*, accepted.

49. Wang X.L., Q.H. Wen y Y. Wu (2007). Penalized maximal *t*-test for detecting undocumented mean change in climate data series. *J. Appl. Meteor. Climatol.* **46**(6), 916-931.

50. Wang X.L. y Y. Feng (2007). RHtestV2 User Manual. Published online at: http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/software.shtml

51. Willmott C.J. y S.M. Robeson (1995). Climatologically Aided Interpolation (CAI) of Terrestrial Air Temperature. *Intl. J. Climatol.* **15**(2), 221-229.

52. Willmott, C.J., C.M. Rowe y W.D. Philpot (1985). Small-scale climate maps: A sensitivity analysis of some common assumptions associated with grid-point interpolation and contouring. *Amer. Cartogr.* **12**, 5-16.