

GB719  
Z8V3

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES  
CENTRO DE ESTUDIOS FORESTALES Y AMBIENTALES DE POSTGRADO  
PROGRAMA MANEJO DE CUENCA HIDROGRÁFICAS

INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL RÉGIMEN HIDROLÓGICO DE  
LA CUENCA DEL RÍO MACHANGO ESTADO ZULIA

PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO

Mcs. Manejo de Cuencas Hidrográficas

Lcda. Yria Irene Vargas De Florio

Tutor: Ing. For. Alex Barrios

Mérida, Venezuela

2014

## AGRADECIMIENTO

Este trabajo obedece al deseo de superación, y a las ganas de trabajar por un medio ambiente del cual depende la vida sobre el planeta. Con esfuerzo, dedicación, y buena voluntad, de personas especiales ha sido posible esta realización, a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de este trabajo, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

A los profesores de la Maestría a quienes debo la preparación académica en especial al Profesor Ing. For. Francisco Rivas, por ser un guía en todo momento.

Al Tutor de esta investigación Ing. For. Alex Barrios, por el aporte de conocimientos, dedicación exclusiva y desinteresada, guía académico, por su amistad y consejo incondicional.

A los estudiantes de la maestría, de los cuales me nutrí de conocimientos como compañeros de estudio, y de la cual surgieron grandes amigos, en especial a María Alejandra González y Jesús Araujo.

A mi compañero de estudio, amigo y hermano Daniel Chourio, por haber sido estímulo y soporte en los momentos más difíciles.

A mis padres Luis A. Vargas y María Pía De Florio, por su apoyo y dedicación, confiando siempre en mis virtudes para lograr el éxito.

A Dios por darme la mejor oportunidad, iluminarme y darme la fortaleza necesaria para lograr los objetivos, por permitirme conocer y gozar de todas estas personas mencionadas anteriormente, utilizadas como herramientas de su voluntad. A la Virgen María, por ser mi apoyo y aferro, por escucharme, por su gran misericordia para interceder por mí ante nuestro Señor.

## ÍNDICE

	Página
AGRADECIMIENTOS.....	ii
LISTA DE TABLAS.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	viii
CAPÍTULO I.- INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.- Objetivos del estudio.....	2
1.2.- Enfoque metodológico.....	2
1.3.- Presentación del trabajo.....	3
CAPÍTULO II.- DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	4
2.1.- Caracterización físico – natural.....	4
2.2.- Caracterización político – institucional.....	14
2.3.- Caracterización socio – económico.....	16
CAPÍTULO III.- MARCO TEÓRICO.....	17
3.1.- Modelos Generales de Circulación Atmosférica.....	17
3.2.- Reducción de escala estadística.....	22
3.3.- Cambio climático en Venezuela.....	25
3.4.- Simulación hidrológica en impactos del cambio climático.....	29
3.5.- Simulación hidrológica mensual.....	29
CAPÍTULO IV.- PRODUCCIÓN DE AGUA EN LA CUENCA. LÍNEA BASE.....	36
4.1.- Calibración del modelo SIHIM.....	36
4.2.- Producción de agua. Línea base.....	40

CAPÍTULO V.- SELECCIÓN DEL MODELO GENERAL DE CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA.....	43
CAPÍTULO VI.- PRECIPITACIÓN Y EVAPORACIÓN CONSIDERANDO CAMBIO CLIMÁTICO.....	57
6.1.- Precipitación mensual.....	57
6.2.- Evaporación mensual.....	62
CAPÍTULO VII.- PRODUCCIÓN DE AGUA EN LA CUENCA BAJO ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO.....	67
7.1.- Caudales mensuales simulados.....	67
7.2.- Curvas de duración de caudales.....	69
7.3.- Curva de variación estacional.....	71
7.4.- Impacto parcial por precipitación.....	71
CAPÍTULO VIII.- CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN.....	75
REFERENCIAS.....	77

APÉNDICE 1.- Producción de agua Línea Base (1961-1990)

APÉNDICE 2.- Precipitación y evaporación considerando cambio climático

APÉNDICE 3.- Producción de agua en la cuenca bajo escenarios de cambio climático

## LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
2.1.- Estaciones Climatológicas.....	4
2.2.- Registros de Precipitación (mm).....	6
2.3.- Registros de Parámetros Climáticos Estación El Venado.....	7
3.1.- Modelos de cambio climático contemplados en el AR4-IPCC.....	19
3.2.- Escenarios climáticos utilizados.....	27
3.3.- Disminuciones e Incrementos significativos de caudal para un intervalo de confianza de 95%.....	28
4.1.- Datos mensuales de precipitación, evaporación, y escurrimiento (período 1977-1982) usados para calibrar el modelo SIHIM.....	38
4.2.- Área de influencia de las estaciones El Venado y El Cruce en la cuenca del río Machango.....	39
4.3.- Parámetros a calibrar en el modelo SIHIM.....	39
4.4.- Promedios de caudales simulados Línea Base: 1961-1990.....	41
5.1.- Efecto del cambio climático en la precipitación anual de la cuenca del río Machango según diferentes MGCA y escenarios (SR) de emisión de CO <sub>2</sub> .....	45
5.2.- Agrupamiento de las combinaciones MGCA-SR en tres categorías de impacto del cambio climático en la precipitación anual de la cuenca en el futuro cercano (30s).....	47
5.3.- Coeficiente de correlación entre la precipitación medida.....	52
5.4.- Proyecciones de precipitación de los MGCA (futuro cercano, escenario A1B) y resultados de la reducción de escala (sin correcciones) en las estaciones locales....	54
6.1.- Modelos de regresión polinómica para la reducción de escala en todos los meses del año.....	59

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
2.1.- Red hidrográfica de la cuenca del río Machango.....	5
2.2.- Precipitación Media Mensual.....	6
2.3.- Evaporación Media Mensual.....	8
2.4.- Temperatura Media Mensual.....	8
2.5.- Humedad Relativa.....	9
3.1.- Proyecciones del calentamiento en superficies obtenidas de un modelo de circulación general atmósfera – océano.....	18
3.2.- Gráficos de regresión lineal y polinómica (líneas más oscuras) de precipitación (izq) y temperatura (der) en el mes de octubre.....	25
3.3.- Proceso del sistema hidrológico regional utilizado por el modelo SIHIM.....	30
4.1.- Ubicación y área de influencia de las estaciones El Venado y El Cruce, en la cuenca del río Machango.....	37
4.2.- Escorrentía observada y simulada para el período de 1977 a 1982.....	39
4.3.- Datos mensuales disponibles en las estaciones climáticas de la cuenca.....	40
4.4.- Curva de duración de caudal (m <sup>3</sup> /s).....	41
4.5.- Curva de variación estacional de caudales (m <sup>3</sup> /s) para tres probabilidades de excedencia: 95%, 80% y 70%.....	42
5.1.- Ventana del sitio web utilizada para la descarga de datos de los MGCA.....	43
5.2.- Magnitud del cambio de precipitación anual proyectada por los MGCA en un futuro cercano.....	46
5.3.- Precipitación anual promedio (línea base 1961-1990) en la cuenca del río Machango asumida por los MGCA y promedio registrado en las estaciones locales.....	48
5.4.- Series de tiempo entre los datos de cada MGCA y los datos de precipitación de las estaciones locales.....	50
5.5.- Series de tiempo entre los datos de cada MGCA y los datos de precipitación mensual continua de las estaciones locales.....	51
5.6.- Resumen de la reducción de escala (sin correcciones): cambio porcentual de la precipitación total anual, período 2015-2044, escenario SR-A1B.....	55

5.7.- Resumen de la reducción de escala (sin correcciones): cambio porcentual de la precipitación mensual, período 2015-2044, escenario SR-A1B.....	56
6.1.- Ecuaciones de regresión para la reducción de escala estadística de la precipitación, mes de noviembre, en cada MGCA.....	58
6.2.- Precipitaciones mensuales 2015 - 2044 en las estaciones locales considerando cambio climático según los modelos HADGEM1, CGCM3T63 y MIROC3.2.....	60
6.3.- Magnitud y tasa porcentual de cambio de la precipitación anual promedio 2015-2044 bajo cambio climático en las estaciones locales.....	61
6.4.- Precipitación mensual promedio 2015-2044 bajo cambio climático en las estaciones locales.....	62
6.5.- Relación Evaporación-Temperatura en la estación El Venado.....	63
6.6.- Ecuaciones de regresión para la reducción de escala estadística de la temperatura en cada MGCA.....	64
6.7.- Datos mensuales de temperatura 2015 – 2044 bajo cambio climático.....	65
6.8.- Evaporación bajo cambio climático en la estación El Venado (2015-2044).....	65
6.9.- Magnitud y tasa porcentual de cambio de la evaporación anual promedio 2015-2044 bajo cambio climático.....	66
6.10.- Evaporación mensual promedio 2015-2044 bajo cambio climático.....	66
7.1.- Caudales mensuales y anuales del río Machango 2015-2044.....	68
7.2.- Magnitud y tasa de cambio del caudal del río Machango por efecto de cambio climático.....	68
7.3.- Caudales promedios mensuales del río Machango (2015-2044).....	69
7.4.- Curvas de duración de caudales del río Machango bajo efecto de cambio climático: (a) formato tabular (b) formato gráfico.....	70
7.5.- Curva de variación estacional de caudales (m3/s) para probabilidades de excedencia de 70% y 80%.....	72
7.6.- Curva de variación estacional de caudales (m3/s) para probabilidades de excedencia de 90% y 95%.....	73
7.7.- Magnitud y tasa de cambio del caudal del río Machango por efecto de cambio climático.....	74

## ÍNDICE DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

### ABREVIATURA

ABRAE	Área bajo régimen de administración especial
ACC	Análisis de correlación canónica
AR4	Forth Assessment Report
AR5	Fifth Assessment Report
CCC-EQ	Canadian Center for climate Modelling and Analysis
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático
FAR	First Assessment Report
GEF	Global Enviroment
GEI	Gases de efecto invernadero
INAMEH	Instituto nacional de meteorología e hidrología
MARN	Ministerio del ambiente y recursos naturales
MCGAO	Modelo de circulación general atmósfera-océano
MCR	Modelo climático regional
MDL	Mecanismo de desarrollo limpio
MGCA	Modelo general de circulación atmosférica
MPPA	Ministerio del poder popular para el ambiente
OMM	Organización meteorológica mundial
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PICC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
SAR	Second Assessment Report
SIHIM	Simulación hidrológica mensual
SR	Escenario
TAR	Third Assessment Report
TSM	Temperatura superficial del mar
UKTR	United Kingdom Meteorological

## RESUMEN

Con el propósito de evaluar el impacto del cambio climático en la producción de agua del río Machango, fuente importante de suministro de agua potable en la Costa Oriental del Lago de Maracaibo, estado Zulia, se aplicaron las proyecciones de precipitación y temperatura período 2015-2044 de 3 Modelos Generales de Circulación Atmosférica (MGCA): HADGEM1, CGCM3T63 y MIROC3.2. Mediante la técnica de reducción de escala estadística las proyecciones climáticas de los MGCA se transformaron en datos locales para las dos estaciones climáticas de la cuenca (El Venado y El Cruce).

Como resultado de la reducción de escala se tiene que el cambio climático disminuye la precipitación anual de la cuenca con cualquier MGCA, y con un amplio rango de variación: desde -4% con el modelo MIROC3.2 hasta -26% con el modelo HADGEM1 para un futuro cercano (2015-2044). De manera similar, la evaporación aumentó para el mismo período entre 26% con el modelo CGCM3T63 y 38% con HADGEM1.

Aplicando el modelo de simulación hidrológica de cuenca SIHIM, previamente calibrado con datos locales de precipitación, evaporación y escorrentía, período 1977-1982, se calcularon los caudales a la salida de la cuenca para los distintos escenarios de precipitación y evaporación (2015-2044) según los MGCA seleccionados, y los resultados se compararon con caudales calculados para una línea base de referencia (1961-1990).

Comparando el caudal de la línea base, 4,86 m<sup>3</sup>/s, se obtuvieron como consecuencia del cambio climático reducciones en términos porcentuales iguales a -21% con el modelo MIROC3.2, -45% con CGCM3T63 y -53% con HADGEM1.

Se concluyó que, independientemente de la precisión de los cálculos, hay una significativa reducción del caudal en la cuenca del río Machango para un futuro cercano a consecuencia del cambio climático.

---

**Palabras claves:** *Modelo general de circulación atmosférica; modelo de simulación hidrológica; reducción de escala estadística; cambio climático.*

## ABSTRACT

In order to assess the impact of climate change on water production Machango River, a major source of drinking water in the eastern shore of lake Maracaibo, Zulia state, the projections of precipitation and temperature period 2015-2044, 3 were applied Atmospheric General Circulation Models (MGCA): HADGEM1, CGCM3T63 and MIROC3.2. By the technique of statistical downscaling climate projections of MGCA became local data for the two seasons of the basin (El Venado and El Cruce).

As a result of reduced scale that climate change has decreased the annual precipitation in the basin with any MGCA, and a wide range of variation: from -4% to -26% MIROC3.2 model until the model HADGEM1 for the near future (2015-2044). Similarly, increased evaporation for the same period with 26% and 38% CGCM3T63 model with HADGEM1.

Applying the model basin hydrological simulation SIHIM, previously calibrated with local precipitation data, evaporation and runoff period 1977-1982, the flow rates were calculated at the outlet of the basin for the different scenarios of precipitation and evaporation (2015-2044) according to MGCA selected, and the results were compared with flows calculated for a baseline (1961-1990) online.

Comparing the flow of the baseline, 4.86 m<sup>3</sup>/s were obtained as a result of climate change reductions in percentage terms equal to -21% with MIROC3.2 model, -45% and -53% with CGCM3T63 with HADGEM1.

It was concluded that regardless of the accuracy of the calculations, there is a significant reduction of flow in the river basin Machango for the near future due to climate change.

---

**Keywords:** *General model of atmospheric circulation; hydrological simulation model; statistical downscaling; climate change.*

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

En 1988, dos de las Agencias Especializadas de la ONU, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), crearon al Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (PICC), organismo encargado prioritariamente de revisar y evaluar la información científica, técnica y socioeconómica sobre el cambio climático, producida a nivel mundial, a fin de garantizar una visión objetiva, coherente y de consenso sobre el problema. El primer trabajo del PICC fue desarrollar un Informe de Evaluación que se utilizó como elemento de base para la discusión de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) (Martelo, 2004).

La CMNUCC en 1999 definió oficialmente al Cambio Climático como “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a actividades humanas que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. Dicha definición implica no sólo la causa humana del problema, sino también que sus efectos se sienten en períodos relativamente cortos de tiempo. En términos coloquiales, la definición señala que el clima es cada vez más variable, con todas las implicaciones que eso tiene para las actividades socioeconómicas y los ecosistemas: agricultura, manejo de recursos hídricos y evolución de ecosistemas, entre otros.

El calentamiento observado durante varias décadas ha sido vinculado a cambios experimentados por el ciclo hidrológico en gran escala. En particular, aumento del contenido de vapor de agua en la atmósfera, variación de las características, intensidad y valores extremos de la precipitación; disminución de la capa de nieve y fusión generalizada del hielo; y cambios en la humedad del suelo y en la escorrentía. Los cambios de la precipitación están sujetos a una variabilidad espacial e interdecadal considerable. Durante el siglo XX, la precipitación ha aumentado en mayor medida en extensiones terrestres y en latitudes septentrionales altas, y ha disminuido entre los 10°S y los 30°N a partir de los años 70. (Bates et al., 2006)

Las proyecciones indican que las reservas de agua almacenada en los glaciares y en la capa de nieve disminuirán durante este siglo, reduciendo así la disponibilidad de agua durante los períodos calurosos y secos (debido a un cambio estacional del caudal fluvial, a un aumento de las aportaciones invernales al total anual y a reducciones de los caudales menores) en regiones dependientes del deshielo en las principales cordilleras montañosas, en las que vive actualmente más de la sexta parte de la población mundial. La superficie mundial de tierra clasificada como muy seca se ha duplicado con creces desde los años 70 (Bates et al., 2008).

En Venezuela, la investigación sobre el cambio climático es, hasta los momentos, reducida. En el marco de la Primera Comunicación Nacional de Venezuela sobre Cambio Climático, en el año 2005, con financiamiento del Global Environmental Fund (GEF) a través del PNUD (Proyecto MARNPNUD VEN/00/G31), se desarrollaron una serie de estudios que muestran los cambios que ha experimentado la temperatura, la precipitación y los eventos extremos de

precipitación diaria a lo largo del siglo XX en el país, el impacto sobre la agricultura, los recursos hídricos y el nivel del mar, y los impactos socioeconómicos generales.

*Las consecuencias de los cambios del comportamiento de la precipitación son preocupantes. En la zona norte del país, donde se concentra la mayor parte de la población y la infraestructura productiva, ya hoy día existen problemas serios de disponibilidad de agua, y los conflictos por uso han alcanzado niveles graves. La mera posibilidad de que una situación como la de los embalses de Guárico y Camatagua en los años 2001 a 2003 se haga más común en el futuro, implica la necesidad urgente de comenzar a tomar medidas de adaptación (Martelo, 2004).*

Una mayor escasez de agua debido al cambio climático, entre otras causas, ha traído como consecuencia que se tengan que traer el agua para las ciudades desde lugares y ríos cada vez más alejados.

La cuenca del río Machango, tributaria del embalse que lleva su mismo nombre, ubicado en el Estado Zulia, no escapa a esta realidad. El recurso hídrico en esta cuenca ha ido disminuyendo con el pasar de los años, testimonio aportado por los mismos pobladores de las comunidades asentadas en esta cuenca. Situación de vital importancia debido a que, según información oficial del Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, dicho embalse fue hecho con fines de abastecimiento de agua potable, en conjunto con el embalse Burro Negro, a los municipios de Baralt con 91.573 habitantes, Cabimas con 278.337 habitantes, Lagunillas con 222.821 habitantes, y Valmore Rodríguez con 59.906 habitantes. De hecho, actualmente existe un sistema de racionamiento que abastece a las comunidades en forma restringida.

La presente investigación está orientada a la determinación de la influencia que ejercerá el cambio climático sobre la producción de agua de la cuenca del río Machango.

## **1.2.- Objetivos del estudio**

### **1.2.1.- Objetivo general**

Determinar la influencia del cambio climático en el régimen hidrológico de la cuenca del río Machango.

### **1.2.2.- Objetivos específicos**

- Evaluar los modelos de cambio climático de aplicación en la cuenca del río Machango.
- Aplicar un modelo hidrológico para simular los efectos del cambio climático en la cuenca del río Machango.

## **1.3.- Enfoque metodológico**

Para evaluar el impacto del cambio climático en el régimen hídrico de la cuenca del río Machango, en esta investigación se sigue el enfoque metodológico propuesto por Samper et al. (2007).

El impacto sobre la precipitación mensual en la cuenca del río Machango se evaluará directamente de las proyecciones existentes de los Modelos Generales de Circulación atmosférica (MGCA) presentados en la cuarta reunión del Panel Intergubernamental de expertos sobre Cambio Climático: IPCC- AR4 (IPCC, 2007), para tres periodos comprendidos de 30 años cada uno.

Para convertir los cambios de precipitación en términos de la producción u oferta natural de agua en la cuenca del río Machango, se aplicará el modelo hidrológico lluvia-escorrentía SIHIM, desarrollado por Duque y Barrios en 1988. Este se trata de un modelo de cuencas a escala mensual, que simula los principales procesos del ciclo hidrológico: precipitación, evapotranspiración, infiltración, percolación, caudal base, escurrimiento superficial y los almacenamientos de humedad en el suelo y de agua subterránea.

#### **1.4.- Presentación del trabajo**

Inicialmente en el Capítulo II, se realiza una breve descripción sobre el área de estudio, basada en investigaciones publicadas, información oficial y actualizada del Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, visitas al lugar, entre otros.

Seguido en el Capítulo III, se presentan los métodos y herramientas que se utilizarán en este trabajo para lograr los objetivos de manera satisfactoria.

Se realiza la calibración del modelo SIHIM en el Capítulo IV, y se simulan los caudales para un período base de 30 años que va de 1961 a 1990, para establecer la producción de agua de la cuenca del río Machango basado en un período histórico.

En el Capítulo V, a fin de seleccionar el o los modelos MCGA a aplicar en la cuenca, se realiza una revisión bibliográfica de antecedentes en Venezuela y Latinoamérica, se establecen y aplican criterios con tal fin.

La investigación se fundamenta en el uso de las predicciones de precipitación y temperatura de los MGCA, de la cual se realiza una reducción de escala estadística, para ajustar los datos de los MCGA a estaciones locales del clima, esto se presenta en el Capítulo VI.

Finalmente en el Capítulo VII se muestra la aplicación del modelo hidrológico SIHIM para obtener caudales simulados bajo escenarios de cambio climático en un futuro cercano (2015-2044).

## CAPÍTULO II

### DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

#### 2.1.- Caracterización físico – natural

##### 2.1.1- Localización y tamaño

La cuenca del río Machango se encuentra ubicada en la costa oriental del Lago de Maracaibo, Municipio Rafael María Baralt, estado Zulia, limita al norte con el municipio Valmore Rodríguez y el estado Falcón, al este con el estado Lara, al sur con el estado Lara, y al oeste con el municipio Valmore Rodríguez.

Está representada por un área total de 602.72 km<sup>2</sup>, y la red hidrográfica representada por un efluente principal el Río Machango, el secundario es el río Negro y el Terciario el río Blanco (ver Figura 2.1).

A continuación se describen las características físico-naturales de la cuenca según información recabada en el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente.

##### 2.1.2.- Clima

El análisis de los parámetros climáticos, fue realizado a través de los registros de las estaciones El Venado (funcionó como tipo C2 entre 1956 y 1984 manteniéndose desde ese año como tipo PR), Hacienda Machango y El Cruce, pertenecientes al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH). En consecuencia, se presenta análisis de precipitación con las tres estaciones; mientras que evaporación, temperatura, humedad relativa y velocidad del viento, se toma de la estación El Venado. En la Tabla 2.1 se muestra los datos de identificación y localización de estas estaciones.

Tabla 2.1.- Estaciones Climatológicas.

Estación	Tipo	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Serial	Periodo
El Venado	C2	10° 04' 52"	70° 55' 58"	156	1169	1956-1984
El Venado	PR	10° 04' 52"	70° 55' 58"	156	1169	1984-2000
Hacienda Machango	PR	10° 05' 07"	70° 58' 07"	80	1112	1968-1985
El Cruce	PR	10° 09' 44"	70° 53' 38"	160	1113	1968-2000

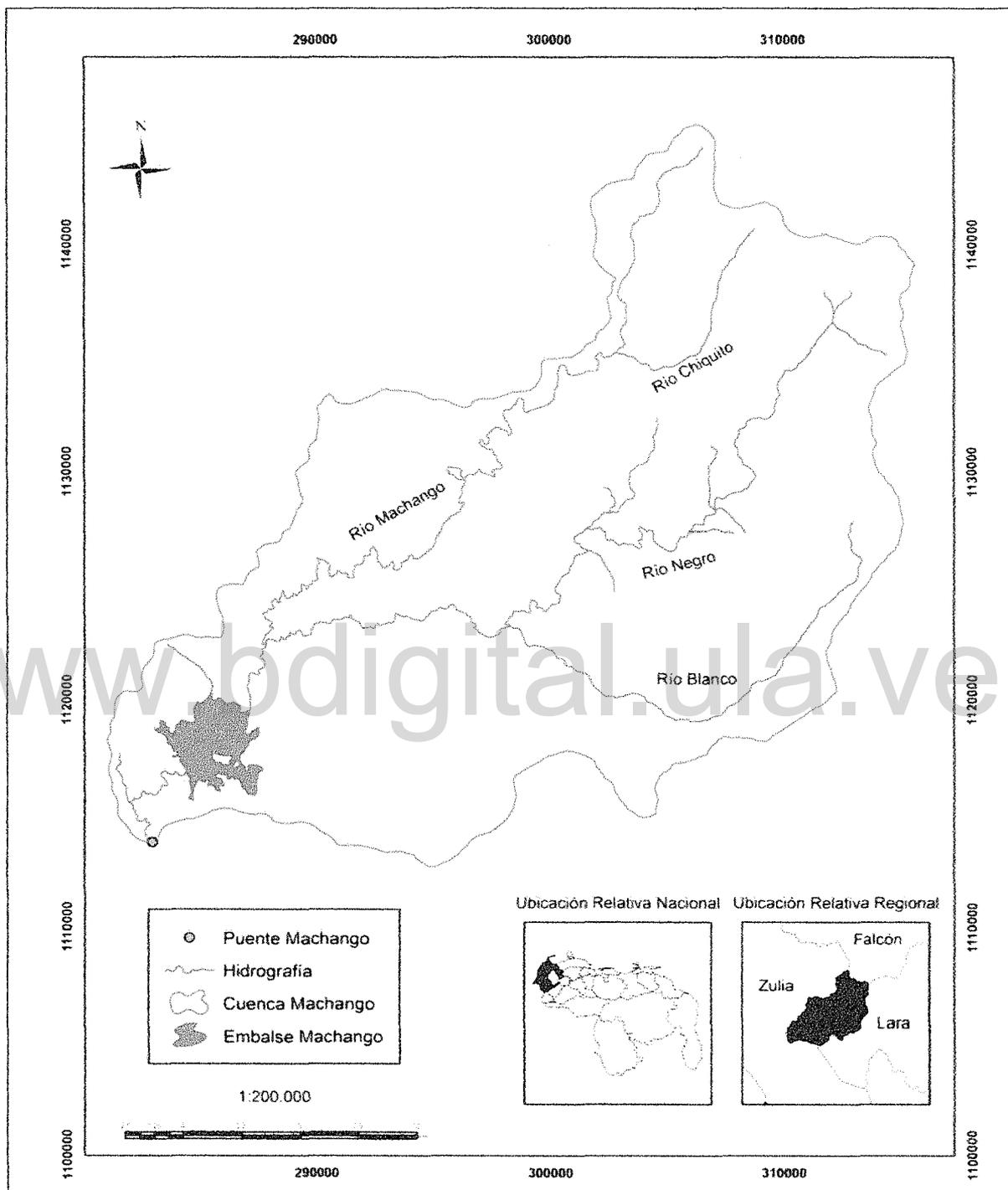


Figura 2.1.- Red hidrográfica de la cuenca del río Machango. Fuente: Elaboración propia con Cartografía Nacional.

### Precipitación

El análisis de la precipitación ofrece una característica interesante desde el punto de vista de la aptitud de la cuenca para producir agua, basado en el hecho que las tres estaciones están cercanas y tienen en sus registros de lluvia un comportamiento del tipo bimodal, por mostrar dos picos de máximas precipitaciones, uno en mayo y otro hacia septiembre-octubre. Sin embargo, la estación El Cruce, localizada en la parte baja de la mencionada cuenca, indica que la precipitación es mayor sobrepasando por casi 300 mm lo registrado en promedio por las otra dos estaciones. También se puede resaltar que de acuerdo a los promedios, puede esperarse lluvias durante todo el año, ya que aunque los registros son bajos para enero, febrero y marzo, siempre hay precipitaciones en estos meses. La mayor precipitación mensual se registra en la estación El Cruce con 217.1 mm en octubre, mientras que la menor la registra Hacienda Machango con 22.1 mm en enero (MPPA, 2010). En la Tabla 2.2, se muestra el promedio mensual y anual de las estaciones analizadas, así mismo en la Figura 2.2 se observa esta distribución de la precipitación.

Tabla 2.2.- Registros de Precipitación (mm.).

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
El Venado	27.3	29.0	41.7	110.0	154.3	125.3	140.7	157.3	169.1	158.0	122.5	68.4	1303.7
Hda. Machango	22.1	26.6	48.8	131.6	147.6	111.3	126.3	151.0	162.1	166.2	116.6	72.3	1282.5
El Cruce	33.8	43.3	64.6	156.7	183.6	117.8	158.1	196.6	192.0	217.1	146.3	90.1	1599.9

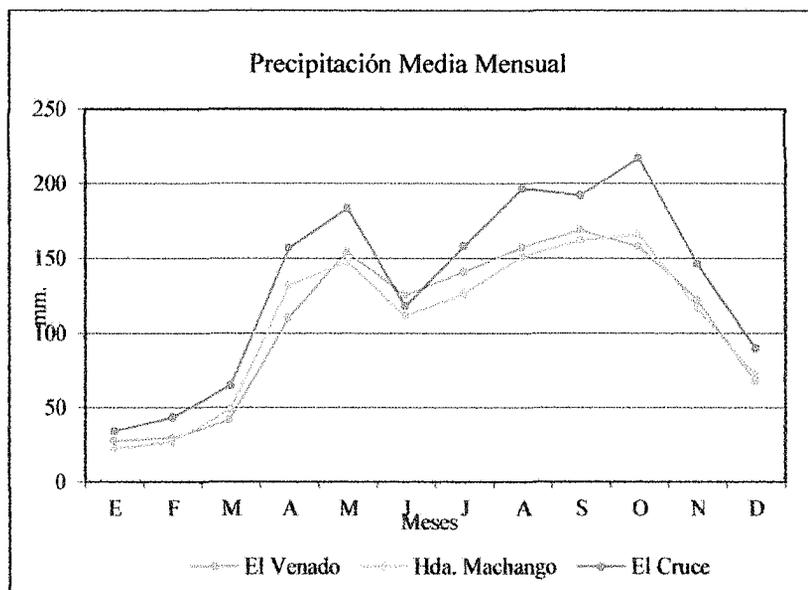


Figura 2.2.- Precipitación Media Mensual.

También se encuentran en esta área la estación de Segundo Orden El Venado, Estos datos climáticos se presentan en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3.- Registros de Parámetros Climáticos Estación El Venado

Tipo de Registro	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Evaporación (mm.)	192.8	202.7	228.4	196.4	182.8	181.2	197.7	186.6	171.5	156.1	150.3	173.3	2219.7
<i>Temperatura</i>													
Media (°C)	27.2	27.8	28.3	27.8	27.4	27.7	27.6	27.5	27.2	26.8	26.6	26.8	27.4
Máx. Med. (°C)	34.3	34.9	34.8	33.9	33.9	34.0	34.2	34.3	34.0	33.4	33.4	33.3	34.0
Min. Med. (°C)	20.8	21.3	23.3	23.2	23.4	23.1	22.5	22.7	22.4	22.1	22.3	21.9	22.4
Máx. Abs. (°C)	38.6	39.0	39.6	40.0	39.0	38.0	37.2	38.9	38.9	38.8	38.7	37.0	40.0
Min. Abs. (°C)	18.0	19.0	18.0	19.0	13.0	12.0	20.0	19.0	18.5	19.0	19.0	17.5	12.0
<i>Humedad Relativa</i>													
Media (%)	68	65	65	71	77	74	72	75	75	77	77	71	72
Max. Abs. (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Min. Abs. (%)	19	22	12	25	33	33	33	27	36	37	29	25	12
Vel. Max. Viento (2m.)	13.8	15.2	15.2	12.6	9.0	8.9	10.4	9.9	8.3	7.8	9.1	12.0	11.0

### *Evaporación*

El mes de más evaporación es marzo con 228.4 mm, mientras que el de menor evaporación es noviembre con 150.3 mm, y el total anual de la evaporación es de 2219.7 mm. En la Figura 2.3, se muestra esta distribución de la evaporación promedio anual (MPPA, 2010).

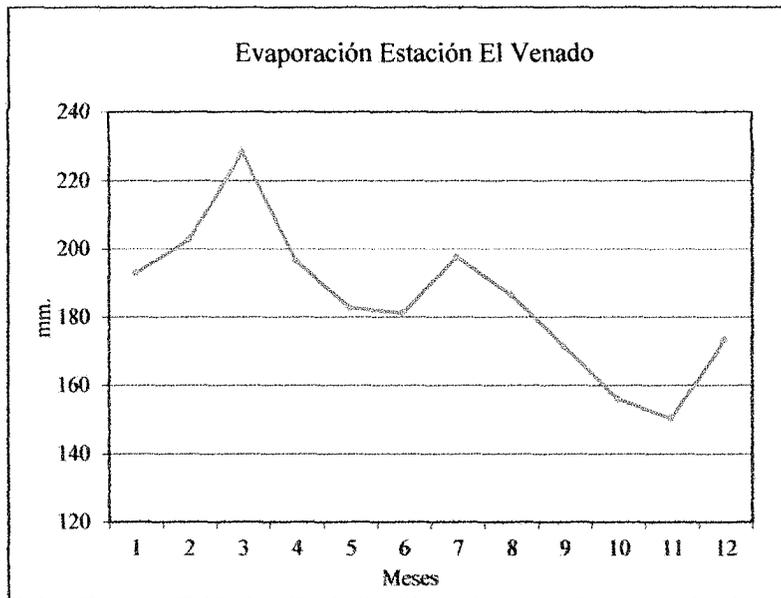


Figura 2.3.- Evaporación Media Mensual.

*Temperatura.*

La temperatura media anual es 27.4 °C, con una máxima media mensual de 34.9 °C en febrero y una media mínima mensual de 20.8 °C en enero. En la Figura 2.4 se muestra la distribución gráfica de estos registros de temperatura. La máxima absoluta registrada es de 40.0 °C en abril y la mínima absoluta registrada es de 12.0 °C en junio (MPPA, 2010).

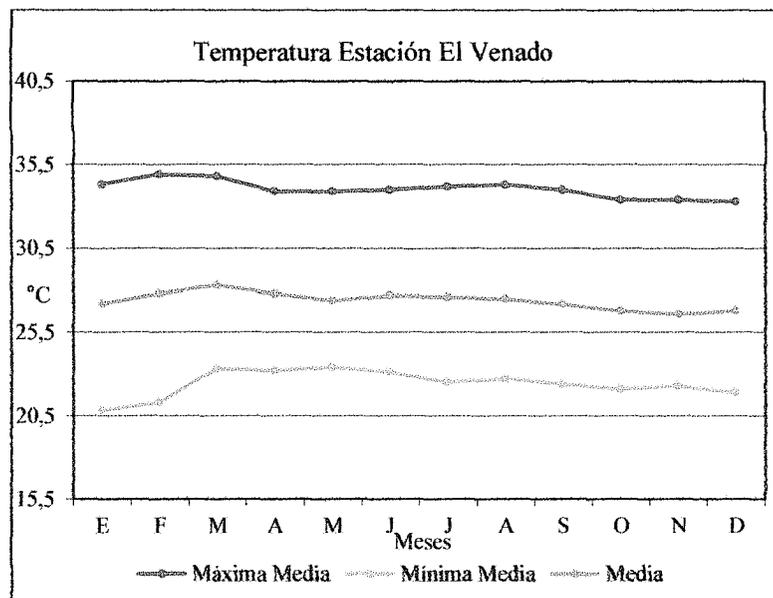


Figura 2.4.- Temperatura Media Mensual.

### Humedad Relativa Media.

La humedad relativa media anual es de 72 % con una máxima humedad relativa media de 77 % en mayo, octubre y noviembre, mientras que la mínima humedad relativa media de 65 % en febrero y marzo (MPPA, 2010). La humedad relativa en forma gráfica se presenta en la Figura 2.5.

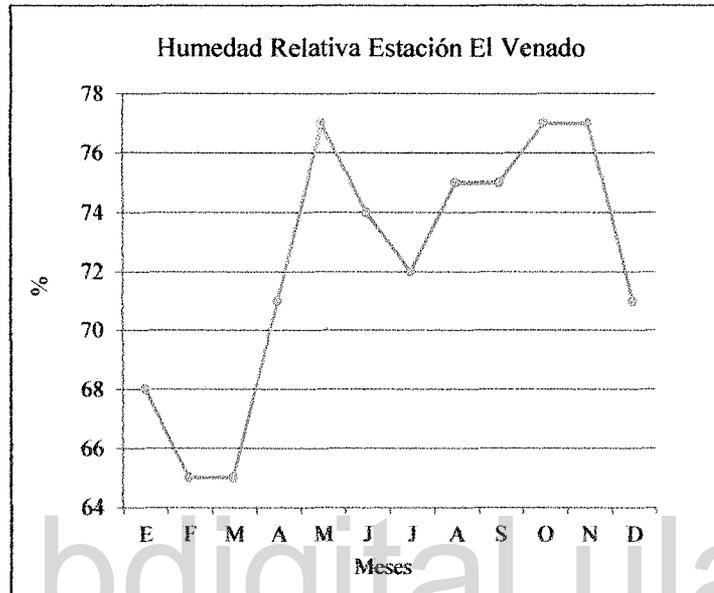


Figura 2.5.- Humedad Relativa.

### 2.1.3.- Relieve y drenaje.

Este se encuentra en las estribaciones del sistema montañoso de la Cuenca del río Machango, englobada dentro del sector conocido como sistemas montañosos de las serranías de Ziruma y Palmarito. El relieve de la cuenca presenta ciertos contrastes, producto de las diferencias paisajísticas, determinado por las características de los paisajes presentes, como es el caso del sector montañoso en el cual se observa desde relieves fuertemente ondulados hasta moderadamente quebrados, con pendientes que se ubican en el rango entre 25 y 50 %, el paisaje de colinar que posee relieve de moderadamente ondulado a ondulado, con pendiente de 8–25 % y por último, el paisaje de piedemonte presenta relieve ligeramente ondulado, con rango de pendiente entre 3 y 8 %.

En cuanto al drenaje, se presentan condiciones diversas producto de las diferentes características físico naturales, principalmente va a depender de la posición geomorfológica y las condiciones físicas de suelos, así como por los diferentes rangos de pendientes que se presentan en el área de estudio, todo ello determinan las características del escurrimiento superficial y de la infiltración profunda del agua en los suelos; se puede considerar en general

a la totalidad del área de estudio con buen drenaje, aun cuando en sectores correspondientes a los paisajes de Montaña y Colinar se pueden presentar pequeñas zonas con un drenaje algo excesivo debido a la pendiente; mientras que en el paisaje de piedemonte, presenta un tipo de drenaje de bien drenado a moderadamente bien drenado. En general, se puede considerar que en el área prevalecen de moderadas a buenas condiciones de drenaje (MPPA, 2010).

#### 2.1.4.- Geología.

La cuenca del río Machango está conformada principalmente por los sistemas montañosos de las serranías de Ziruma y Palmarito, así como sus estribaciones, litológicamente representadas por rocas sedimentarias de las Eras del Terciario y del Cuaternario. Se presenta el contacto entre los paisajes de Montaña, Colinar y Piedemonte, los cuales están conformados por sedimentos del Terciario de la formación Mene Grande, los dos primeros y por sedimentos del cuaternario el paisaje de Piedemonte.

La era del Terciario, se le atribuyen aproximadamente 63 millones de años, en los cuales se sucedieron una serie de eventos geológicos que abarcaron, desde la transgresión cretácica hasta la emergencia de nuevas tierras, en un ambiente de sedimentación de origen fluvial y de afección por movimientos tectónicos que levantaron relieves importantes y originaron procesos posteriores de erosión y sedimentación, este periodo se encuentra representado por la Formación Mene Grande (Terciario-Eoceno), conformando los paisajes de Montaña y Colinar, a continuación se describe en forma muy general su litología.

*Formación Mene Grande:* Se depositó durante el Eoceno, posterior a la formación Paují, a la cual suprayace, está constituida principalmente por lutitas limolíticas laminares y areniscas de estratificación delgada, con capas calcáreas ocasionales, de color gris oscuro, usualmente diaclasadas, mostrando oxidación intensa en los afloramientos meteorizados.

*El Periodo Cuaternario (Cenozoico):* es producto de las diversas épocas frías y secas alternando con eras más cálidas y húmedas (periodos glaciares e interglaciares), donde se sucedieron procesos erosivos de vertientes y el consecuente relleno sedimentario fluvio-glacial y aluvial en valles intramontanos, que han dado origen al modelado actual, el cual aún se está modificando y está representada por los sedimentos que conforman la planicie, los cuales son principalmente finos, arcillosos y arcillo-limosos, fruto de la sedimentación por desbordamiento de los cauces principales y afluentes que se encuentran en el área. Son medianamente homogéneos, masivos, friables. Por otra parte se puede decir, que los procesos que les dieron origen a estos sectores se han repetido en numerosas ocasiones, por lo tanto presentan una serie de capas, aproximadamente horizontales, que se repiten con características similares.

El Cuaternario está bien representado en la zona estudiada por amplios sectores formados por sedimentos detríticos, conformando las unidades de Glacis. A continuación se realiza una breve descripción de este periodo:

*Pleistoceno (Qp):* Se corresponde con los sedimentos aluviales más antiguos, es decir, a los niveles de depósitos más elevados, localizados por encima de los lechos actuales de los ríos.

Están constituidos por materiales fluvio-aluviales, heterométricos, no compactos, mal cementados, con granos de tamaño muy fino a clastos de gran tamaño, formando mantos de espesor y elevaciones variables, en el paisaje de Piedemonte (MPPA, 2010).

#### **2.1.5.- Geomorfología.**

La zona de estudio se encuentra ubicada en la Provincia Fisiográfica de la Plataforma Continental, Islas y Llanuras Costeras, Subprovincia Fisiográfica de Cuenca del Lago de Maracaibo, abarcando parte de las Región Fisiográfica de Llanuras de Cabimas-Lagunillas y Ciénega Los Olivitos, en lo que se conoce como Subregión Costa Oriental del Lago.

La zona estudiada corresponde en su mayoría a un sistema morfogenético coluvio-aluvial, que ha originado un relieve ondulado con presencia de lomas y un área plana e inclinada correspondiente a la forma de Glacis, así mismo presenta un amplio sector correspondiente al paisaje de Montaña.

Geomorfológicamente el área de estudio se engloba en tres (03) tipos de paisaje, Montaña, Colinar y Piedemonte, que a un nivel de prospección más bajo se caracterizan como tres (03) Sistemas de Relieve denominados Sistema de Relieve Complejo/Terciario, Lomas/Terciario y Planos Inclinados. Finalmente bajando otro nivel alcanzamos definirlos como unidades de relieve, las cuales se describen a continuación:

*Paisaje de montaña (m)*: Se caracteriza por constituir un relieve alto con crestas generalmente bien definidas y vertientes predominantemente complejas, con desniveles mínimos, entre la cresta y la base de la vertiente, mayores de 300 metros; este paisaje se ubica como subpaisaje el Sistema de Relieve Estructural Complejo/Terciario.

*Paisaje de colinar (c)*: Relieve conformado por un conjunto de elevaciones del terreno (lomas y/o colinas) con alturas menores a los 300 metros entre la base y el tope y pendientes promedios cercanas al 20%. Se encuentra representado por las siguientes formas de terreno: Sistema de Relieve de Lomas/Terciario.

*Paisaje de piedemonte (P)*: Paisaje definido básicamente por su posición intermedia entre la montaña y la planicie. Presenta como único representante el Sistema de Relieve de Planos inclinados.

*Glacis (GL)*: Se presenta como una superficie plana ligeramente inclinada y bastante uniforme, que puede ser de acumulación o denudación, con un perfil longitudinal rectilíneo a ligeramente cóncavo. Se caracteriza por localizarse en contacto con un relieve dominante, marcado por un ángulo nítido; presenta pendientes entre el 3 y 8 %, siendo más acentuada en el sitio de empalme (MPPA, 2010).

#### **2.1.6.- Suelos.**

Los suelos predominantes en el área de estudio ocupando las cabeceras de la cuenca, está formada por unidad de Relieve de Vertiente Rectilínea-Cóncava, con relieve de moderadamente ondulado a fuertemente ondulado y pendientes predominantes entre 17% y

30%. Una asociación Ultic Paleustalfs, francosa fina-Typic Dystrustepts, arcillosa fina, con inclusiones de Typic Ustorthents.

Entre las características predominantes entre los suelos del primer componente se observan ligeramente profundos a profundos; presentan colores que van de marrón oscuro a marrón amarillento oscuro; textura variable desde Franca en los tres primeros horizontes hasta Franco Arcillosa, en el cuarto horizonte (F-FA); consistencia en húmedo muy friable a friable, y en mojado débilmente adhesiva y ligeramente plástica a muy adhesiva y muy plástica; permeabilidad moderadamente alta; algo excesivamente drenados a bien drenados; pedregosidad en la superficie y en el perfil; límites claros y planos; no salinos ( $< 4$  mmhos/cm, a  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dilución 1:5); pH de extremada a fuertemente ácido ( $< 5.2$ ); capacidad de intercambio catiónico baja (6-12 meq./100gr.); saturación con bases alta (30-60 %); fertilidad natural media.

Los suelos del segundo componente se caracterizan por ser profundos, los colores dominantes varían de marrón amarillento oscuro a marrón amarillento; texturas Franco Arcillosa en el horizonte superficial, Arcillosa a Franco Arcillo Limosa en el resto de los horizontes (FA-A-FAL); consistencia en húmedo muy friable a friable, y en mojado débilmente adhesiva y ligeramente plástica a muy adhesiva y muy plástica; permeabilidad moderadamente baja; algo excesivamente drenados a bien drenados; pedregosidad en la superficie y en el perfil; límites claros y planos; no salinos ( $< 4$  mmhos/cm, a  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dilución 1:5); pH de extremada a fuertemente ácido ( $< 5.2$ ); capacidad de intercambio catiónico baja (6-12 meq./100gr.); saturación con bases alta (30-60 %); fertilidad natural baja.

En la parte media y baja de la cuenca, se observa un relieve de Lomas, moderadamente ondulado y con un rango de pendiente predominante entre 8 y 20%. Su composición taxonómica se refiere a una consociación Typic Dystrustepts, esquelética arenosa, con inclusiones de Typic Dystrustepts y Typic Ustorthents.

Entre las características de los suelos predominantes se observan suelos profundos; presentan colores que van de marrón oscuro a marrón rojizo oscuro; texturas Franco Arenosa hasta el tercer horizonte y Franco Arcillo arenosa, en el último horizonte (Fa-FAa); consistencia en húmedo muy friable, y en mojado débilmente adhesiva y ligeramente plástica a moderadamente adhesiva y moderadamente plástica; permeabilidad alta a moderadamente alta; suelos bien drenados a algo excesivamente drenados; pedregosos en la superficie y en el perfil; límites de claros a abruptos y planos; no salinos ( $< 4$  mmhos/cm, a  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dilución 1:5); pH extremadamente ácido ( $< 4.5$ ); capacidad de intercambio catiónico muy baja ( $< 6$  meq./100gr.); saturación con bases alta (30-60 %); fertilidad natural baja (MPPA, 2010).

#### **2.1.7.- Capacidad de uso.**

En el área no existen tierras que posean características que permitan su calificación como clase I, II, III ó IV, con lo que se manifiesta la baja potencialidad agrícola que posee la cuenca, ya que los terrenos poseen muy severas limitaciones que restringen la escogencia de los cultivos, permitiendo solo dos o tres de los más comunes, con un manejo tan cuidadoso, como difícil de

aplicar y mantener; las limitaciones principales son Fertilidad y pedregosidad superficial de los suelos (MPPA, 2010).

### **2.1.8- Características del Embalse Machango**

El Embalse Machango fue diseñado con el propósito de abastecimiento de agua potable a la costa oriental del Lago de Maracaibo, en conjunto con el Embalse de Burro Negro.

Se encuentra 2 km al este de Puente Machango en la carretera Lara – Zulia Municipio Baralt, Estado Zulia. Se construyó de 1985 a 1988, bajo la operación del Ministerio del Ambiente, esta información es recabada y proporcionada por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, en su informe Embalses de Venezuela, obtenido de <http://www.minamb.gob.ve/files/Embalses/Embalses-MinAmb%20II>.

*Características del Embalse:*

Capacidad máxima: 148.55 Hm<sup>3</sup>

Capacidad normal: 110 Hm<sup>3</sup>

Capacidad Mínima: 4.10 Hm<sup>3</sup>

Capacidad útil: 105.90 Hm<sup>3</sup>

Superficie del Embalse: 1180 Ha.

*Características de la Presa:*

Tipo: seis presas de tierra zonificada.

Altura máxima: 35 m.

Longitud de cresta: 1059 m.

Pendiente de talud: Aguas arriba 3.5:1 y 4.5:1

Aguas abajo 2.5:1 y 3:1

Volumen del terraplén: 2.168.720 km<sup>2</sup>.

Descarga máxima: 51 m<sup>3</sup>.

### **2.2.- Caracterización político – institucional**

Mediante la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio, promulgada en 1983, en Venezuela se establecen la Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (A.B.R.A.E.), donde se incluyen todas aquellas áreas que de acuerdo a las características y potenciales ecológicas que poseen, han sido decretadas por el ejecutivo nacional para cumplir funciones

productoras, protectoras y recreativas. Venezuela cuenta con uno de los conjuntos de áreas protegidas más variados y extensos de América latina, desarrolladas para la conservación de su patrimonio natural y para el disfrute de las generaciones presentes y futuras.

La cuenca alta y media del Río Machango con un área aproximado de 113 ha, creada como Zona Protectora mediante el Decreto N°1170 del 20/10/1990, publicado en Gaceta Oficial N°34604 del 29/11/1990, con la finalidad de proteger el área donde se encuentran las principales fuentes de abastecimiento de agua para las ciudades ubicadas en la Costa Oriental del Lago de Maracaibo, así como para garantizar la vida útil del embalse sobre el Río Machango. Así mismo en el artículo 54 de la ley de aguas dice: las zonas protectoras de cuerpos de agua tendrán como objeto principal, proteger áreas sensibles de los cuales depende la permanencia y calidad del recurso y la flora y fauna silvestre asociada.

De la misma manera se estableció el Plan de ordenamiento y/o reglamento de uso creado mediante Decreto N°1170 del 20/10/1990, publicado en Gaceta Oficial N°34605 del 29/11/1990.

### **2.3.- Caracterización socio – económica**

La costa oriental del Lago de Maracaibo constituye en la actualidad una de las regiones más importantes del país debido a su gran desarrollo petrolero e industrial. Esta situación junto con el crecimiento demográfico correspondiente que se observa en centros urbanos tales como Lagunillas, Cabimas, Bachaquero, Ciudad Ojeda, etc., demandan cada día más recursos hídricos tanto en cantidad como en calidad, que son suplidos por los embalses de Burro Negro y Machango. Por esta razón las cuencas hidrográficas de Pueblo Viejo y Machango son áreas de gran importancia estratégica (PALMAVEN, 1998).

Esta zona se encuentra afectada de manera significativa por las actividades de perforación y producción petrolera, y el crecimiento urbano asociado. El mayor aporte de agua dulce proviene de los ríos Pueblo Viejo, Machango, y Misoa, que drenan el flanco occidental de la serranía de Ziruma en el Estado Lara (Medina & Barboza 2006)

Según el Dossier 2010 del Estado Zulia, entre las poblaciones de Baralt, Cabimas, Lagunillas, y Valmore Rodríguez, existen alrededor de 652.637 habitantes, que son abastecidos por las cuencas de Pueblo Viejo y Machango para el consumo doméstico y para realizar las actividades económicas que actualmente presentan problemas de escasez de agua.

La cuenca del río Machango comparte territorio del Municipio Rafael María Baralt y Valmore Rodríguez y entre algunos de los centros poblados que se encuentran en esta cuenca se tienen El Cruce, Sinavare, El Cometa, y San Pedro. Las principales actividades económicas que se evidencian en la cuenca del río Machango son la comercial, la agrícola y la pecuaria, siendo esta última la más predominante.

## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO

#### **3.1.- Modelos de Circulación General Atmosférica**

Al detectar el problema del cambio climático mundial, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) crearon el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) en 1988. Se trata de un grupo abierto a todos los Miembros de las Naciones Unidas y de la OMM.

El IPCC analiza, de forma exhaustiva, objetiva, abierta y transparente, la información científica, técnica y socioeconómica relevante, sus posibles repercusiones y las posibilidades de adaptación y atenuación del mismo, este se basa en la evaluación principalmente en la literatura científica y técnica revisada por homólogos y publicada.

El Primer Informe de Evaluación del IPCC confirmó los elementos científicos que suscitan preocupación acerca del cambio climático, se publicó bajo el nombre de:

#### **FAR – IPCC First Assessment Report 1990.**

Segundo Informe de Evaluación se puso a disposición de la Segunda Conferencia de las Partes en la CMCC (Euro-Mediterranean Center for Climate Change) y proporcionó material para las negociaciones del Protocolo de Kyoto derivado de la Convención, consta de tres informes de grupos de trabajo y de una síntesis de información científica y técnica, este recibe el nombre de:

#### **SAR – IPCC Second Assessment Report: Climate Change 1995.**

Tercer Informe de Evaluación también consta de tres informes de grupos de trabajo sobre “La base científica”, “Efectos, adaptación y vulnerabilidad”, y “Mitigación”, así como un informe de síntesis en el que se abordan diversas cuestiones científicas y técnicas útiles para el diseño de políticas. Este recibió el nombre de:

#### **TAR – IPCC Third Assessment Report: Climate Change 2001.**

Cuarto Informe de Evaluación se reúne e integra, para uso de los responsables de políticas y de otros profesionales, datos científicos, técnicos y socioeconómicos actualizados útiles para la definición de políticas (IPCC. 2011). Recibe el nombre de:

#### **AR4 – IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007.**

El AR4 específicamente en el tema 3, se ofrece información de los informes de los tres Grupos de trabajo sobre las proyecciones de cambio climático futuro y sus impactos. Se ofrecen datos actualizados sobre los escenarios de emisiones y las proyecciones de cambio climático futuro para el siglo XXI y períodos más prolongados, y se describen los impactos proyectados del cambio climático futuro en términos de sistemas, sectores y regiones. Reciben atención preferente los aspectos de bienestar humano y desarrollo (IPCC, 2007).

En Estocolmo, el 26 septiembre 2013, el IPCC ha aprobado en su XXXVI reunión plenaria la contribución al Quinto Informe de Evaluación (AR5, de sus siglas en inglés). La publicación final de este informe está pautada para el año 2014, pero en términos generales, el AR5 confirma y refuerza, los resultados del AR4. Se basa en nuevas evidencias extraídas de un mayor número de observaciones, modelos climáticos mejorados, una mejor comprensión de los procesos y retroalimentaciones del sistema climático, y un mayor número de proyecciones de cambio climático. Lamentablemente a la fecha de este estudio no están disponibles las proyecciones de los modelos en un formato de series de tiempo mensual.

El IPCC ha decidido incrementar los esfuerzos que consagra a los temas relativos al agua y su proyección. De esta manera realizan una evaluación de nuevos métodos y mejoramiento de otros para lograr una caracterización de las condiciones futuras con efectos a corto y largo plazo para diferentes escenarios.

Para explicar estos escenarios se toma en cuenta las emisiones futuras de gases de efecto invernadero (GEI) son el producto de muy complejos sistemas dinámicos, determinado por fuerzas tales como el crecimiento demográfico, el desarrollo socioeconómico o el cambio tecnológico. Su evolución futura es muy incierta. Los escenarios son imágenes alternativas de lo que podría acontecer en el futuro, y constituyen un instrumento apropiado para analizar de qué manera influirán las fuerzas determinantes en las emisiones futuras, y para evaluar el margen de incertidumbre de dicho análisis. Los escenarios son de utilidad para el análisis del cambio climático, y en particular para la creación de modelos del clima, para la evaluación de los impactos y para las iniciativas de adaptación y de mitigación (IPCC, 2000).

Los avances en la modelización del cambio climático permiten ya ofrecer estimaciones óptimas y, probablemente, intervalos de incertidumbre respecto del calentamiento proyectado, para diferentes escenarios de emisiones (ver Figura 3.1).

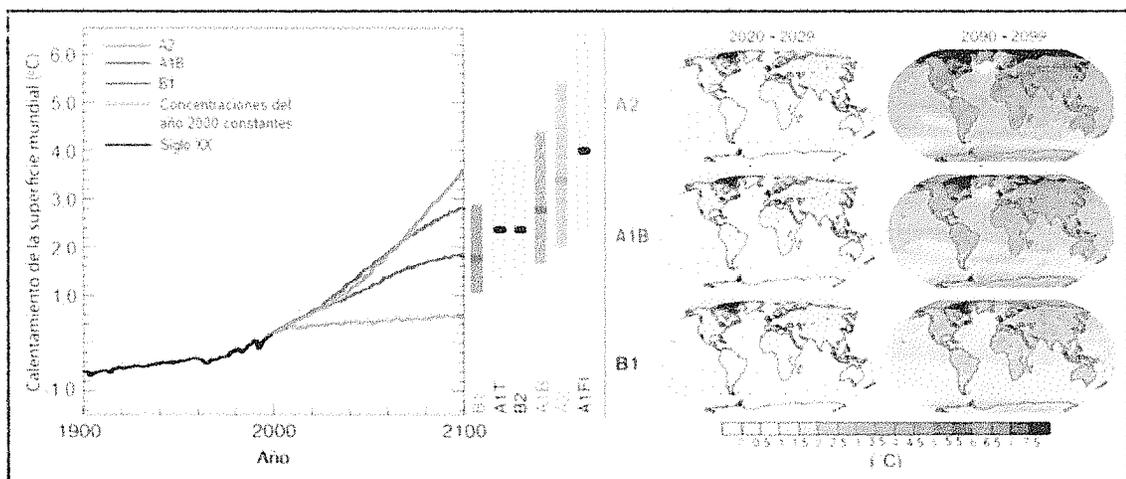


Figura 3.1.- Proyecciones del calentamiento en superficies obtenidas de un modelo de circulación general atmósfera – océano. Fuente: IPCC, (2007).

En la Figura 3.1 del lado derecho se observan proyecciones del cambio de la temperatura en superficie para el comienzo y el final del siglo XXI, respecto del período 1980-1999. En los mapas aparecen representadas las proyecciones del promedio de los MCGAO para los escenarios A2 (parte superior), A1B (parte central) y B1 (parte inferior) a lo largo de los decenios 2020-2029 (izquierda) y 2090-2099 (derecha). En el lado izquierdo se observan las líneas de trazo continuo representan promedios mundiales multimodelo del calentamiento en superficie (respecto del período 1980-1999) para los escenarios A2, A1B y B1, representados como continuación de las simulaciones del siglo XX. La línea anaranjada describe un experimento cuyas concentraciones se mantuvieron constantes en valores del año 2000. Las barras del centro de la figura representan la estimación óptima (línea gruesa transversal interior) y el intervalo de valores probables para los seis escenarios testimoniales en el período 2090-2099 respecto de 1980-1999. La estimación óptima y los intervalos probables representados por las barras abarcan los modelos de circulación general atmósfera-oceano (MCGAO) indicados en la parte izquierda, así como los resultados de una jerarquía de modelos independientes y las limitaciones observacionales.

Estos modelos han sido contemplados en el AR4 del IPCC para un total de 23 modelos (ver Tabla 3.1), algunos son versiones mejoradas de los ya existentes y otros son nuevos modelos.

Tabla 3.1.- Modelos de cambio climático contemplados en el AR4-IPCC.

Modelo, año	Patrocinador, país	Atmósfera Tope-presión Resolución <sup>(a)</sup> Referencias	Tierra Suelo, Plantas, Tránsito en río Referencias
1: BCC-CM1, 2005	Beijing Climate Center, China	top = 25 hPa T63 (1.9° x 1.9°) L16 Dong et al., 2000; CSMD, 2005; Xu et al., 2005	layers, canopy, routing CSMD, 2005
2: BCCR-BCM2.0, 2005	Bjerknes Centre for Climate Research, Norway	top = 10 hPa T63 (1.9° x 1.9°) L31 Déqué et al., 1994	Layers, canopy, routing Mahfouf et al., 1995; Douville et al., 1995; Oki and Sud, 1998
3: CCSM3, 2005	National Center for Atmospheric Research, USA	top = 2.2 hPa T85 (1.4° x 1.4°) L26 Collins et al., 2004	layers, canopy, routing Oleson et al., 2004; Branstetter, 2001

Tabla 3.1.- Continuación

Modelo, año	Patrocinador, país	Atmósfera Tope-presión Resolución <sup>(a)</sup> Referencias	Tierra Suelo, Plantas, Tránsito en río Referencias
4: CGCM3.1(T47), 2005	Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis, Canada	top = 1 hPa T47 (~2.8° x 2.8°) L31 McFarlane et al., 1992; Flato, 2005	layers, canopy, routing Verseghy et al., 1993
5: CGCM3.1(T63), 2005	Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis, Canada	top = 1 hPa T63 (~1.9° x 1.9°) L31 McFarlane et al., 1992; Flato 2005	layers, canopy, routing Verseghy et al., 1993
6: CNRM-CM3, 2004	Météo-France/Centre National de Recherches Météorologiques, France	top = 0.05 hPa T63 (~1.9° x 1.9°) L45 Déqué et al., 1994	layers, canopy, routing Mahfouf et al., 1995; Douville et al., 1995; Oki and Sud, 1998
7: CSIRO-MK3.0, 2001	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) Atmospheric Research, Australia	top = 4.5 hPa T63 (~1.9° x 1.9°) L18 Gordon et al., 2002	layers, canopy Gordon et al., 2002
8: ECHAM5/MPI-OM, 2005	Max Planck Institute for Meteorology, Germany	top = 10 hPa T63 (~1.9° x 1.9°) L31 Roeckner et al., 2003	bucket, canopy, routing Hagemann, 2002; Hagemann and Dümenil-Gates, 2001
9: ECHO-G, 1999	Meteorological Institute of the University of Bonn, Meteorological Research Institute of the Korea Meteorological Administration (KMA), and Model and Data Group, Germany/Korea	top = 10 hPa T30 (~3.9° x 3.9°) L19 Roeckner et al., 1996	bucket, canopy, routing Roeckner et al., 1996; Dümenil and Todini, 1992
10: FGOALS-g1.0, 2004	National Key Laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dynamics (LASG)/Institute of Atmospheric Physics, China	top = 2.2 hPa T42 (~2.8° x 2.8°) L26 Wang et al., 2004	layers, canopy, routing Bonan et al., 2002

Tabla 3.1.- Continuación

Modelo, año	Patrocinador, país	Atmósfera Tope-presión Resolución <sup>(a)</sup> Referencias	Tierra Suelo, Plantas, Tránsito en río Referencias
11: GFDL-CM2.0, 2005	U.S. Department of Commerce/ National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)/Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL), USA	top = 3 hPa 2.0° x 2.5° L24 GFDL GAMDT, 2004	bucket, canopy, routing Milly and Shmakin, 2002; GFDL GAMDT, 2004
12: GFDL-CM2.1, 2005		top = 3 hPa 2.0° x 2.5° L24 GFDL GAMDT, 2004 with semi- Lagrangian transports	bucket, canopy, routing Milly and Shmakin, 2002; GFDL GAMDT, 2004
13: GISS-AOM, 2004	National Aeronautics and Space Administration (NASA)/ Goddard Institute for Space Studies (GISS), USA	top = 10 hPa 3° x 4° L12 Russell et al., 1995; Russell, 2005	layers, canopy, routing Abramopoulos et al., 1988; Miller et al., 1994
14: GISS-EH, 2004	National Aeronautics and Space Administration (NASA)/ Goddard Institute for Space Studies (GISS), USA	top = 0.1 hPa 4° x 5° L20 Schmidt et al., 2006	layers, canopy, routing Friend and Kiang, 2005
15: GISS-ER, 2004	NASA/GISS, USA	top = 0.1 hPa 4° x 5° L20 Schmidt et al., 2006	layers, canopy, routing Friend and Kiang, 2005
16: INM-CM3.0, 2004	Institute for Numerical Mathematics, Russia	top = 10 hPa 4° x 5° L21 Alekseev et al., 1998; Galin et al., 2003	layers, canopy, no routing Alekseev et al., 1998; Volodin and Lykosoff, 1998
17: IPSL-CM4, 2005	Institut Pierre Simon Laplace, France	top = 4 hPa 2.5° x 3.75° L19 Hourdin et al., 2006	layers, canopy, routing Krinner et al., 2005

Tabla 3.1.- Continuación

Modelo, año	Patrocinador, país	Atmósfera Tope- presión Resolución <sup>(a)</sup> Referencias	Tierra Suelo, Plantas, Tránsito en río Referencias
18: MIROC3.2(hires), 2004	Center for Climate System Research (University of Tokyo), National Institute for Environmental Studies, and Frontier Research Center for Global Change (JAMSTEC), Japan	top = 40 km T106 (~1.1° x 1.1°) L56 K-1 Developers, 2004	layers, canopy, routing K-1 Developers, 2004; Oki and Sud, 1998
19: MIROC3.2(medres), 2004	Center for Climate System Research (University of Tokyo), National Institute for Environmental Studies, and Frontier Research Center for Global Change (JAMSTEC), Japan	top = 30 km T42 (~2.8° x 2.8°) L20 K-1 Developers, 2004	layers, canopy, routing K-1 Developers, 2004; Oki and Sud, 1998
20: MRI-CGCM2.3.2, 2003	Meteorological Research Institute, Japan	top = 0.4 hPa T42 (~2.8° x 2.8°) L30 Shibata et al., 1999	layers, canopy, routing Sellers et al., 1986; Sato et al., 1989
21: PCM, 1998	National Center for Atmospheric Research, USA	top = 2.2 hPa T42 (~2.8° x 2.8°) L26 Kiehl et al., 1998	layers, canopy, no routing Bonan, 1998
22: UKMO-HadCM3, 1997/2000	Hadley Centre for Climate Prediction and Research/Met Office, UK	top = 5 hPa 2.5° x 3.75° L19 Pope et al., 2000	layers, canopy, routing Cox et al., 1999
23: UKMO-HadGEM1, 2004		top = 39.2 km ~1.3° x 1.9° L38 Martin et al., 2004	layers, canopy, routing Essery et al., 2001; Oki and Sud, 1998

Fuente: IPCC, (2007).

Los modelos climáticos usan métodos cuantitativos para simular las interacciones entre la atmósfera, océanos y superficies de la tierra y el hielo. Son usados para múltiples propósitos, desde el estudio de las dinámicas del sistema climático hasta para obtener proyecciones del clima futuro.

Todos los modelos climáticos tienen en cuenta la energía entrante como radiación electromagnética de onda corta, principalmente visible e infrarroja de onda corta (cercana), así

como la energía saliente de la tierra como radiación electromagnética infrarroja de onda larga. Cualquier desbalance resulta en un cambio de temperatura.

Los modelos varían desde relativamente simples, como un gradiente de calor hasta un modelo acoplado océano – atmósfera, los cuales resuelven todas las ecuaciones de transferencia de masa y energía. Estos modelos de tres y cuatro dimensiones discretizan las ecuaciones de movimiento de fluidos y transferencia de energía y las integran hacia delante en el futuro. También contienen parametrizaciones de procesos como el de la convección, los cuales ocurren en una escala demasiado pequeña para resolverlos directamente (Jiménez, 2011).

Actualmente, las salidas de algunos Modelos Atmosféricos de Circulación General Acoplados tienen buena habilidad para simular el comportamiento de variables (circulaciones) de gran escala o escala global, las cuales a su vez, interaccionan con procesos de escala regional o local en el ámbito del sistema climático. Sin embargo, estas salidas no son en general muy útiles para el estudio de ciertos impactos locales, debido a que su resolución espacial está por encima de la escala de los impactos locales que se desean analizar. En términos generales, se han usado dos aproximaciones para lidiar con esta deficiencia: los métodos de ajuste de escala dinámico y las de tipo estadístico. Ambas técnicas muestran niveles similares de habilidad bajo las mismas condiciones climáticas al estimar variables atmosféricas superficiales (Amador & Alfaro, 2007).

### 3.2.- Reducción de escala estadística

Los MCGA permiten simular variables atmosféricas y corresponden a una representación matemática de la estructura dinámica y térmica de la atmósfera y constituyen la herramienta más potente disponible en la actualidad para modelar el clima. Los modelos presentan los resultados en puntos de grilla que no corresponden a los sitios de interés particular, por lo que se requiere utilizar herramientas que conecten el comportamiento del clima modelado con el comportamiento real de las variables climatológicas (Bernal, et al. 2000).

Los Modelos Atmosféricos de Circulación General Acoplados MACGA del tipo climático, constituyen en realidad una representación generalmente simple del sistema climático y se emplean para preparar las predicciones o proyecciones del clima hacia el futuro para diferentes horizontes de tiempo. Para este proceso se requiere un conocimiento adecuado de las condiciones iniciales del clima con base en una distribución apropiada de observaciones de los parámetros del sistema durante periodos adecuados (Amador & Alfaro, 2007).

Las predicciones y los escenarios climáticos regionales son generalmente derivados de los globales mediante distintos tipos de procedimientos, ya sean de tipo físico-dinámico, estadístico o mixto (híbrido) y en algunos pocos casos mediante inferencias subjetivas. En esta fase, la disponibilidad de bases de datos regionales es un elemento de especial importancia. Un problema usual en el uso de datos climáticos es la diferencia en el espaciamiento temporal y espacial de los datos en relación con la información obtenida de los MACGA. Para la obtención de escenarios climáticos regionales se requiere entonces de información básica de estos modelos y sus predicciones a diferentes horizontes temporales, incluidas las incertidumbres en las predicciones asociadas a diferentes estados iniciales, de datos climáticos

que determinen la línea o estado base del clima en la región de interés y de un sistema o grupo de procedimientos para traducir o transferir la información global sobre el futuro estado del sistema a la escala espacio-temporal requerida (Amador & Alfaro, 2007).

La mayor parte de los estudios de adaptación basados en escenarios de clima futuro derivados directa o indirectamente de MACGA son generalmente realizados en una de las siguientes tres escalas, a) simulaciones globales llevadas a cabo usando bases de datos climáticos interpolados a una resolución de  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$  o mayor; b) análisis regionales utilizando rejillas o mallas de más alta resolución donde los datos climáticos han sido reducidos de escala o ajustados a una escala requerida (“downscaling”) con base en los resultados de los MACGA ó; c) estudios locales donde los resultados de los modelos y datos climáticos observados son interpolados de alguna manera a las coordenadas de algún sitio de interés. La escala intermedia b) tiene potencial para proveer análisis de escenarios que son de valor real para los que toman decisiones tomando en cuenta variaciones espaciales regionales e interacción con los elementos climáticos que la caracterizan (Amador & Alfaro, 2007).

Entre los métodos de predicción climática mediante ajuste o reducción de escala se han usado dos aproximaciones, las técnicas o métodos de ajuste de escala dinámico y las de tipo estadístico.

#### *Métodos dinámicos*

El método de ajuste dinámico es un procedimiento para obtener información de alta resolución sobre el tiempo atmosférico, clima o cambio climático a partir de MACGA de relativamente baja resolución. Típicamente, la resolución de estos modelos globales es del orden de 150-300 km de latitud por 150-300 km de longitud. La mayoría de los modelos de impacto requieren información en escalas del orden de 50 km o menos, de manera que este método de ajuste dinámico es conveniente o necesario para estimar la información requerida en escalas menores a las de los MACGA. El método de ajuste dinámico utiliza un modelo de área limitada de alta resolución (modelo climático regional o MCR) con condiciones de frontera como función del tiempo derivadas del MACGA. El MCR está dinámicamente inmerso en el modelo global (proceso de anidamiento) para obtener información en escalas menores a las de este modelo.

Los MCR generalmente utilizan dominios de trabajo a nivel regional o sub-regional (por ejemplo,  $106^\circ - 107^\circ$  km<sup>2</sup>) con resoluciones de 20 a 50-60 km. En casos especiales las resoluciones pueden llegar aún a escalas menores, sin embargo, se podría esperar que la incertidumbre asociada a los resultados aumente. Este tipo de procedimiento de ajuste dinámico es muy útil y con frecuencia necesario, cuando los modelos de impacto requieren información en escalas locales para producir resultados o escenarios de clima o de cambio climático en esa misma escala. Hay evidencia de que los MCR simulan significativamente mejor el clima y la meteorología regional que los MACGA, en especial sobre regiones montañosas, una característica importante del dominio espacial en Centroamérica (Amador & Alfaro, 2007).

#### *Métodos estadísticos*

Las técnicas de ajuste de escala estadístico usan las salidas de los MACGA y permiten la construcción de escenarios climáticos para sitios individuales o regiones con una resolución a

diferentes escalas temporales como la diaria, la mensual y la estacional, utilizando para ello información estadística o de relación derivada de series de tiempo históricas. Estas técnicas son muy útiles cuando se requiere una evaluación rápida de escenarios climáticos locales a un relativamente bajo costo. Adicionalmente, éstas son en general flexibles y el uso de “ensembles” o agrupaciones de tipo estadístico de escenarios climáticos permite un análisis relativamente confiable de la dupla riesgo/incertidumbre.

Todos los esquemas de ajuste de escala estadístico se basan en relaciones empíricas entre los predictores de gran escala derivados de los MACGA (temperatura, viento y precipitación, por ejemplo) y los predictantes regionales o locales. Estos métodos difieren principalmente en la forma de calcular la función matemática de transferencia y en el proceso del ajuste estadístico requiere datos de buena calidad que se extiendan por periodos de tiempo razonables para asegurar alguna estabilidad estadística en las relaciones entre predictores y predictandos. Una de las técnicas que permite transferir en forma eficiente información de un campo de variables con un número grande de predictores hacia otro campo de variables con un número grande de predictantes es el Análisis de Correlación Canónica (ACC).

En esta técnica ACC se asocian patrones presentes y pasados del campo usado como predictor (temperatura superficial del mar, TSM, por ejemplo) al campo de la variable sobre la cual se quiere hacer el ajuste de escala tomado como predictante.

Otra técnica de fácil implementación y que no requiere conocimientos avanzados de estadística es la basada en regresiones lineales, simples o múltiples, en donde se busca establecer una relación significativa entre distintos predictores de las salidas de los MACGA y algún predictante como la precipitación en un sitio específico. El inconveniente de esta técnica es que las relaciones entre predictor-predictante son únicas y válidas solo para ese sitio específico.

En el presente trabajo, para la estimación del cambio climático en la cuenca del río Machango, se aplicó un método de reducción de escala estadístico basado en regresiones lineales entre el MGCA y cada estación local, de acuerdo a los trabajos de Samper et al. (2007), Alvares et al. (2009) y Pisani et al. (2013).

La reducción de escala de las proyecciones mensuales del MGCA para períodos futuros se realizaron mediante ecuaciones de transformación, en forma individual para cada estación climatológica y para cada mes del año, las cuales se obtuvieron mediante regresiones simples (lineales o polinómicas) entre el MGCA y los registros históricos de la estación local, usando los datos comunes del período base 1961-1990. Los coeficientes de las ecuaciones de regresión se establecieron directamente al correlacionar las series mensuales ordenadas de menor a mayor (percentiles del tipo qq-plot), según se ilustra en la Figura 3.2.

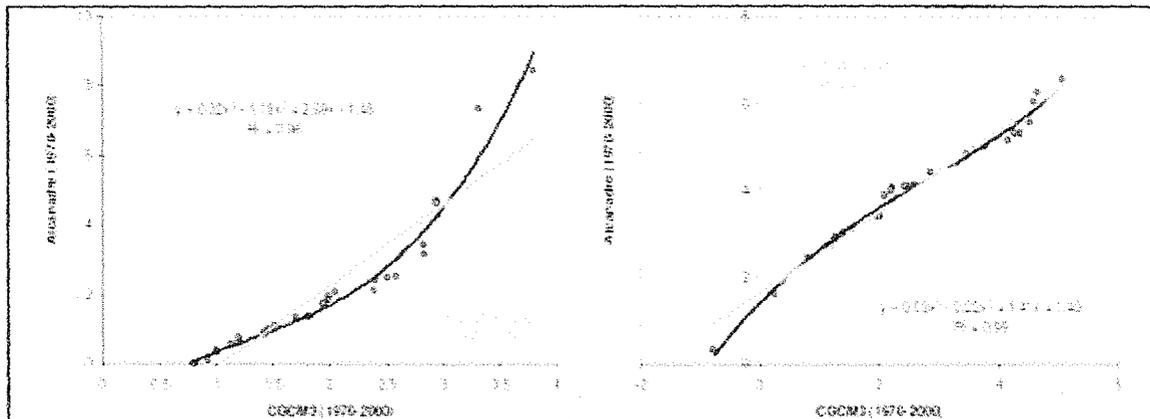


Figura 3.2.- Gráficos de regresión lineal y polinómica (líneas más oscuras) de precipitación (izq) y temperatura (der) en el mes de octubre. Fuente: Alvares et al. (2009)

### 3.3.- Cambio climático en Venezuela

En la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), en la “Cumbre de la Tierra”, celebrada en Río de Janeiro en 1992, Venezuela fue uno de los 155 países que firmaron. Esta cumbre tenía como objetivo principal la “estabilización de las concentraciones de los gases de efecto invernadero en la atmósfera a niveles que evitarían interferencias antropogénicas peligrosas para el sistema climático”.

De acuerdo a esto la Convención requiere que todas las “Partes” elaboren y publiquen inventarios nacionales de emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero, así como planes para reducir o controlar estas emisiones; siguiendo estos lineamientos, el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales para ese momento, a través de la Dirección General de Cuencas Hidrográficas, publicó para el año 2005 la “Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela” con la asistencia financiera del Fondo Ambiental Global (GEF), a través del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

En la región latinoamericana, Venezuela ocupa el cuarto lugar en emisiones de CO<sub>2</sub>, después de México, Brasil y Argentina. El Gobierno Nacional tenía como interés crear, mantener y reforzar diferentes modalidades de participación ciudadana, especialmente al nivel local, que constituya una actividad altamente sinérgica, para enfrentar la problemática derivada del Cambio Climático y redundar provechosamente en las actividades de adaptación/mitigación que deban desarrollarse a futuro (MARN et al, 2005).

Venezuela enfrentaba grandes retos, como la eficiencia y ahorro energético, desarrollo de fuentes alternas de energía, reuso y reciclaje de desechos y adopción y desarrollo de tecnologías limpias, en particular para las industrias petrolera, petroquímica, siderúrgica y minera. Esta estrategia nacional incluía dos líneas de acción: disminuir la dependencia del petróleo como principal fuente de ingresos del país, y desarrollar la industria del gas natural, tanto para consumo interno como para exportación.

La base legal para el tema del Cambio Climático en Venezuela proviene de la adhesión del país a la CMNUCC y a su Protocolo de Kyoto. La primera fue firmada en 1992 y ratificada en 1994, y la segunda en 2004. Venezuela cuenta con una amplia gama de leyes ambientales, las cuales sustentan y regulan las relaciones entre las diferentes actividades socioeconómicas y los efectos sobre el ambiente.

El 7 de diciembre 2004, apareció en Gaceta Oficial la Ley Aprobatoria del Protocolo de Kyoto, en la cual también se nombra al extinto Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARN) como organismo encargado del manejo del tema del cambio climático (MARN et al., 2005).

El tema de Cambio Climático es también competencia de lo que antes se conocía como Ministerio de Energía y Petróleo (MEP), dada la condición de país petrolero de Venezuela; este ministerio coordina las relaciones con la OPEP, y su experticia técnica será de gran utilidad para los proyectos de Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) de eficiencia energética. De la misma manera, el antiguo Ministerio de Relaciones Exteriores, es la voz autorizada de la Nación con relación a la posición política del país en cuestiones internacionales.

Se pusieron en marcha una serie de programas y proyectos en diferentes ámbitos, el Programa de Conservación de Suelos y Aguas, los Proyectos de Infraestructura Social Conservacionista, las Mesas Técnicas de Agua, el Programa de Acción Nacional de la Convención para la lucha contra la Desertificación y mitigación de la Sequía y Plan de Acción Nacional de la Convención de Biodiversidad.

Para esta Primera Comunicación Nacional, se realizó una investigación para evaluar los posibles impactos de los cambios climáticos sobre los recursos hídricos en Venezuela, se basó en tres criterios (MARN et al., 2005):

El primero se basó en la idea que el clima en el siglo XXI debería continuar la tendencia mostrada en el siglo XX, cuando ocurrió el incremento de los Gases de Efecto Invernadero; como señaló Cárdenas y Alonso, 2003; Cárdenas y De Grazy, 2003.

El segundo criterio fue el impacto del evento “El Niño” en el país; conocidos sus efectos (Cárdenas y Gil, 2003; Martelo, 2004) y aceptando que se espera en el futuro un incremento en su ocurrencia se eligieron modelos que simulen dichos efectos.

Y como tercer y último criterio, se basó en que la mayoría de los modelos incluyendo a los que en general simulan un futuro más lluvioso, señalan una disminución de la precipitación en algunos meses de la temporada lluviosa, en diversas regiones del país (Martelo, 2004).

Para definir que tipos de modelos se aplicarían se realizó un Taller de Expertos en Meteorología y Climatología, en el que se decidió utilizar los modelos UKTR desarrollado por el United Kingdom Meteorological Office (Inglaterra), y el CCC-EQ desarrollado por el Canadian Center for Climate Modelling and Analysis (Canadá).

Estos modelos simulan el cambio promedio de temperatura y precipitación para lapsos de 30 años, y para estimar los valores promedios futuros, se aplicó dicho cambio al valor promedio del periodo de 30 años 1960- 1990. En cuanto a la resolución espacial, es muy gruesa, trabajando con cuadrículas (grillas) de 5 grados de latitud x 5 grados de longitud, lo que constituye una de las principales limitaciones para realizar un análisis de vulnerabilidad más preciso. El Taller decidió correr cada uno de los dos modelos bajo tres Escenarios Climáticos (el pesimista, el optimista y el intermedio) (ver Tabla 3.2).

Como resultados generales de correr los modelos para el escenario climático intermedio se obtienen incrementos de la temperatura en todas las grillas de 5° x 5°, mientras que para la precipitación, aunque la tendencia general de las simulaciones es hacia una disminución de la lluvia, en alguna de las grillas, en algún momento del año, ambos modelos simulan mayor precipitación.

	ESCENARIOS CLIMÁTICOS		
	Optimista	Intermedio	Pesimista
Escenario de emisión de Gases de Efecto Invernadero	SRES-B1	SRES-A2	SRES-A2
Sensibilidad climática	Baja (1,5°C)	Media (2,5°C)	Alta (4,5°C)
Lapsos	2005-2035 (centrado en 2020) 2025-2055 (centrado en 2040) 2045-2075 (centrado en 2060)	2005-2035 (centrado en 2020) 2025-2055 (centrado en 2040) 2045-2075 (centrado en 2060)	2005-2035 (centrado en 2020) 2025-2055 (centrado en 2040) 2045-2075 (centrado en 2060)
Modelos	UKTR y CCC-EQ	UKTR y CCC-EQ	UKTR y CCC-EQ

Tabla 3.2.- Escenarios climáticos utilizados.

Fuente: MARN et al., (2005).

Las consecuencias de la disminución de la precipitación son muy preocupantes. En la zona norte del país, donde se concentra la mayor parte de la población y la infraestructura productiva ya para el 2005 existían problemas serios de disponibilidad de agua, que se evidenciaron con la sequía durante los años 2001 - 2002, la cual afectó muy severamente a dos de los principales embalses del país, uno para riego (Guárico) y otro que surte a Caracas (Camatagua).

También para la zona norte según modelo UKTR (modelo británico, Mod. 2), señala un futuro muy preocupante, al norte del río Orinoco se concentra el 90% de la población, y específicamente en la zona norte-costera, que ocupa aproximadamente el 2% del territorio nacional, se concentra cerca del 40% de la población, el 75% del sector industrial, y alrededor del 40% del capital fijo del país. Según este modelo, prácticamente toda la zona pasaría a recibir menos de 1200 mm/año, situación que hoy día está limitada al norte del estado Zulia, la Depresión Lara-Falcón, la Depresión del Lago de Valencia, la Cuenca de Unare y los Andes a alturas superiores a los 2500 msnm, aproximadamente.

El CCC-EQ (modelo canadiense, Mod. 11), por el contrario, señala muy ligeros aumentos de la precipitación de los 10° N, en toda la zona norte-costera del país. Este modelo también muestra disminución de la precipitación al sur del país, pero en menor grado. Sin embargo,

señala fuertes disminuciones hacia los Andes y el Piedemonte Llanero, donde ya para el 2020 desaparece el núcleo 2400-2800 mm, disminuye significativamente el área lluviosa de la Costa Oriental del Lago de Maracaibo y se extiende significativamente el área con menos de 800 mm/año en los valles intra-andinos (MARN et al., 2005).

Para la simulación del sistema hidrológico regional se aplicó el modelo SIHIM, desarrollado por Duque y Barrios en 1988 usado para generar escorrentía a partir de las precipitaciones en cada una de las estaciones que tienen influencia sobre el área de cada cuenca en estudio, se realizó un análisis estadístico del caudal medio mensual y medio anual, para un intervalo de confianza de 95%. En la Tabla 3.3, se tabulan para cada río, cada modelo, cada escenario y cada período futuro las disminuciones e incrementos significativos de caudal.

Los resultados de los modelos utilizados, aunque no guardan correlación de resultados para algunas cuencas, indican que aparentemente existen patrones de comportamiento según la ubicación de las cuencas analizadas. Esto lleva a considerar que para la proyección de futuros cambios en el caudal se requiere una mejor evaluación del complejo papel de los cambios en los patrones de temperatura, precipitación y uso de la tierra. Debido a esto es importante disponer de una adecuada red de medición tanto de precipitación como de escorrentía, lo cual permitiría precisar los cambios de los caudales promedios y su variabilidad.

Tabla 3.3.- Disminuciones e incrementos significativos de caudal para un intervalo de confianza de 95%.

Río	Escenario	Modelo CCC-EG			Modelo UKTR		
		2020	2040	2060	2020	2040	2060
Papo	Optimista					D-S	D-S
	Intermedio			D-S	D-S	D-S	D-S
	Pesimista		D-S	D-S	D-S	D-S	D-S
Maticora	Optimista						D-S
	Intermedio						
	Pesimista					D-S	D-S
Motatán	Optimista		D-S	D-S			I-S
	Intermedio	D-S	D-S	D-S		I-S	I-S
	Pesimista	D-S	D-S	D-S	I-S	I-S	I-S
Guárico	Optimista					D-S	D-S
	Intermedio						
	Pesimista					D-S	D-S
Nirverí	Optimista						
	Intermedio			I-S			
	Pesimista		I-S	I-S			D-S
Tocuyín	Optimista			D-S			
	Intermedio		D-S	D-S			D-S
	Pesimista	D-S	D-S	D-S		D-S	D-S
Ciudad	Optimista	D-S	D-S	D-S			
	Intermedio	D-S	D-S	D-S		I-S	I-S
	Pesimista	D-S	D-S	D-S		I-S	I-S

D-S: Disminución significativa I-S: Incremento significativo

Fuente: MARN et al., 2005.

### 3.4.- Simulación hidrológica en impactos del cambio climático

Samper et al. (2007), presentaron una evaluación de los posibles efectos del cambio climático en los recursos hídricos de una serie de subcuencas de la cuenca hidrográfica del Ebro, España. Su metodología se basó en un modelo hidrológico lluvia-escorrentía, previamente calibrado. Simularon los efectos del cambio climático para los escenarios A1B, A2, B1 y Commit del IPCC y utilizando para ello los resultados de las proyecciones del modelo de circulación general CGCM3, las cuales fueron llevadas a escala local (estaciones) mediante una reducción de escala de tipo estadístico (regresiones lineales y polinómicas entre las estaciones de precipitación y temperatura y los valores asumidos en las celdas del modelo GCM). La modelización hidrológica fue realizada con el código semidistribuido GIS-BALAN, descendiente del código VISUAL-BALAN. Los resultados arrojaron una fuerte variabilidad espacio-temporal, y una disminución media de las aportaciones en las cuencas seleccionadas entre 12% y 19.0%, según los periodos futuros considerados.

Stehr et al. (2008) en Chile específicamente en dos subcuencas del Río Biobío de la zona centro-sur, evaluaron impactos del cambio climático en la hidrología de las cuencas, mediante el modelo hidrológico SWAT. Para lo cual introdujeron al modelo ya calibrado, perturbaciones en las series de tiempo de la precipitación y temperatura, con base en la información de las proyecciones de varios modelos MGC del IPCC y los patrones espaciales obtenidos por un Modelo Regional de Cambio climático (PRECIS). Los resultados indican que para la mayor parte de los escenarios de cambio climático modelados se producirá una reducción en la magnitud de los caudales medios mensuales y anuales, siendo esta variación mayor en las épocas de primavera y verano.

Jiménez (2011), en Medellín, realizó un trabajo en "Efectos del cambio climático en los recursos hídricos para la generación de energía eléctrica". A partir de los MCG y los resultados de los modelos de proyección de cambio climático, se obtuvieron series de tiempo que éstos representan la precipitación en la región de estudio, de la cual obtuvo un conjunto de series de precipitación con resolución horaria para los siguientes 50 años. Utilizando un modelo hidrológico de tipo semidistribuido, se simuló el comportamiento de los caudales durante un periodo de 40 años, analizando diferentes escenarios de CC y deforestación. Encontró que los caudales presentan una disminución en los periodos secos mientras que en periodos húmedos...

### 3.5.- Simulación hidrológica mensual

El modelo de Simulación Hidrológica Escala Mensual (GHM) (Dunne y Burnet, 1999) es un modelo para la simulación continua del ciclo hidrológico con el fin de lograr una estimación de recursos hídricos a largo plazo, tomando en cuenta las variaciones espaciales y temporales de los procesos hidrológicos en la cuenca. Debido a que el intervalo de cálculo es de un mes, se consideran solamente los procesos de larga duración como son: la evapotranspiración, la infiltración, la percolación, el escurrimiento y el flujo base, y se omiten los de corta duración como es el caso del flujo subsuperficial y los almacenamientos de interceptación y en depresiones del terreno (Ver Figura 3.3).

Los límites de este sistema regional pueden ser fisiográficos, como es el caso de una cuenca hidrográfica, políticos en el caso de un estado o entidad federal, o de cualquier otra índole como pueden ser los límites de un área cultivada. Este modelo se ha desarrollado para pequeños incrementos de espacio y grandes intervalos de tiempo, intervalos mensuales.

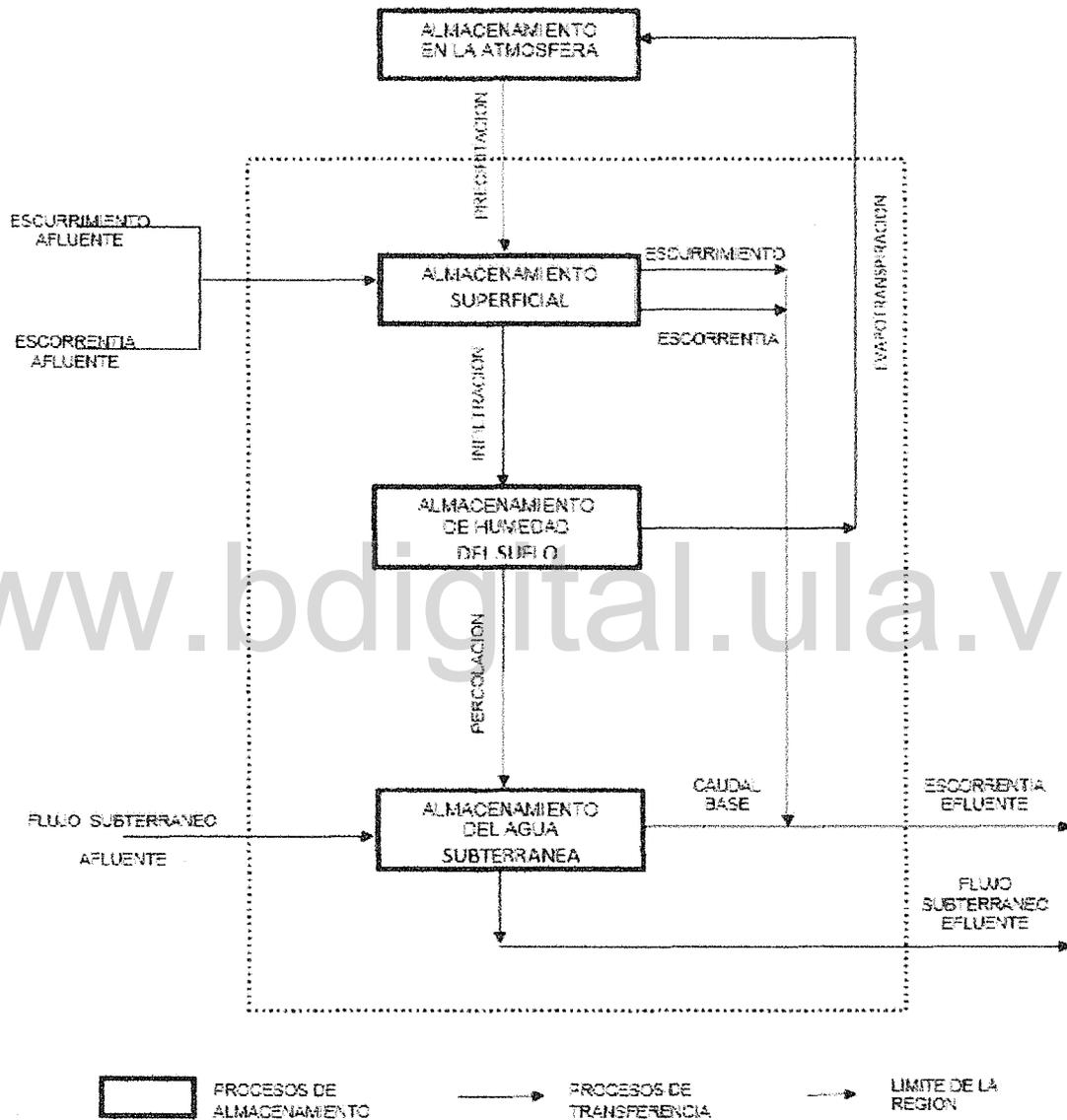


Figura 3.3.- Proceso del sistema hidrológico regional utilizado por el modelo SIHIM.

Fuente: Duque y Barrios, (1988).

Se considera la cuenca dividida en subcuencas, en las cuales se supone homogeneidad tanto en los procesos hidrológicos como en las condiciones que los afectan. Se centró la atención en

determinados procesos del sistema hidrológico, simplificándose algunos de ellos y omitiéndose otros, debido esto fundamentalmente al intervalo de tiempo usado.

El modelo SIHIM presentan tres aspectos fundamentales en su desarrollo como son: la formulación matemática de los procesos, la estructura y la solución del modelo.

### 3.5.1.- Formulación matemática de los procesos

El significado de los términos empleados en cada una de las expresiones que aparecen en este aparte se presentan en la lista de símbolos, y toda la formulación se refiere a un intervalo de tiempo particular y a una subcuenca dada.

*Precipitación:* En el modelo se determina la precipitación media a través del método de los polígonos de Thiessen, pero como se sabe que este método, en ciertas áreas, no es el más apropiado para la estimación de la precipitación media se usa un factor de ajuste el cual se calcula como la relación entre la precipitación media obtenida por el método Isoyético y por el método de Thiessen. La formulación usada es la siguiente:

$$PRE = \left[ \frac{NEPRE}{\sum_{j=1} PP_j \times PORCP_j} \right] \times \frac{PMI}{PMT}$$

*Evapotranspiración:* El valor de la evapotranspiración potencial se considera como la evaporación medida en tina multiplicada por un coeficiente, y además se asume en el modelo que la demanda evapotranspirativa sólo puede ser suplida por el almacenamiento de humedad del suelo. Al igual que para la precipitación, es necesario calcular la evaporación media ajustada, tal como se presenta a continuación:

$$EVM = \left[ \frac{NEVAP}{\sum_{j=1} EV_j \times PORCE_j} \right] \times \frac{EMI}{EMT}$$

$$ETP = EVM \times CT$$

Para el cálculo de la evapotranspiración real, se toma en consideración la humedad del suelo y el contenido límite de humedad, entendiéndose por este último el contenido de humedad del suelo bajo el cual la evapotranspiración real es inferior a la potencial, la formulación usada es la siguiente:

$$ETR = \begin{cases} ETP & \text{si } HSM > CLE \\ ETP \times (HSM/CLE) & \text{si } HSM \leq CLE \end{cases}$$

$$CLE = 0,25 \times HSN$$

**Infiltración:** Se basa en el cálculo de la infiltración potencial para toda el área considerada, la cual se calcula de la siguiente manera:

$$AINFP = CINF \times [ HSN/HSM ]^{2.0}$$

Dependiendo del valor del suministro de humedad, HDI, la infiltración real se determina como sigue:

$$AINFRE = \begin{cases} 0,5 \times AINFP & , \text{ si } HDI \geq AINFP \\ HDI - [HDI^{2.0} / (2,0 \times AINFP)] & , \text{ si } HDI < AINFP \end{cases}$$

**Percolación:** La formulación usada para la simulación de este proceso se basa en la relación que existe entre el contenido de humedad y la capacidad nominal del suelo, REL, y es la siguiente:

$$PERC = FPER \times AINFRE$$

$$REL = HSM/HSN$$

$$POT = 10,0 \times | REL - 0,75 | + 1,0$$

$$FPER = \begin{cases} \left( \frac{1,0}{1,0 - POT} \right)^{POT} & , \text{ si } REL < 0,75 \\ 1,0 - \left( \frac{1,0}{1,0 + POT} \right)^{POT} & , \text{ si } REL \geq 0,75 \end{cases}$$

**Almacenamiento Superficial:** Se considera en el modelo que toda la precipitación entra a este almacenamiento y de allí sólo va a ser removida por la infiltración y por el escurrimiento, y también, debido a la escala del modelo, se engloba en este almacenamiento el volumen almacenado en la vertiente y en los cauces. A continuación se presenta la formulación usada para simular este proceso:

$$ASUP = PRE + ESCURT^{(i-1)} + ESCUTA - AINFRE$$

$$ASUPF = ASUP + ESCOTA + ESCORT^{(i-1)} - ESCD - ESCORR$$

**Almacenamiento de Humedad del Suelo:** Se considera como humedad del suelo el agua almacenada en el perfil, lo cual es el resultado del balance entre la humedad existente en el suelo, la infiltración, la evapotranspiración real y la percolación. Las ecuaciones usadas son las siguientes:

$$\text{HSF} = \text{HIS} + (1,0 - \text{FPER}) \times \text{AINFRE} - \text{ETR}$$

$$\text{HSM} = (\text{HIS} + \text{HSF})/2,0$$

*Almacenamiento del Agua Subterránea:* Se considera que este almacenamiento se alimenta de la percolación y el flujo subterráneo afluyente, proveniente de un área diferente a la que está bajo consideración. El agua almacenada puede salir en forma subterránea como flujo subterráneo efluente o en forma superficial como caudal base. Las ecuaciones usadas son las siguientes:

$$\text{VF} = \text{AASI} + \text{PERC} + \text{FSUBA} - \text{QB} - \text{FSUBE}$$

$$\text{VM} = (\text{AASI} + \text{VF})/2,0$$

*Escurrimiento:* El escurrimiento producido a la salida del área considerada durante un intervalo de tiempo dado, se calcula como una fracción de la diferencia entre la humedad disponible para infiltrar y la infiltración real. La humedad remanente pasa a formar parte del escurrimiento que saldrá en el siguiente intervalo de tiempo. La formulación usada es la siguiente:

$$\text{ESCD} = \text{PESC} \times \text{ASUP}$$

$$\text{ESCORT}^{(i)} = (1,0 - \text{PESC}) \times \text{ASUP}$$

*Caudal base y flujo subterráneo efluente:* Se calculan como una fracción del almacenamiento promedio del agua subterránea, es decir:

$$\text{QB} = \text{PQB} \times \text{VM}$$

$$\text{FSUBE} = \text{PFSE} \times \text{VM}$$

Se debe cumplir que:

$$\text{PQB} + \text{PFSE} \leq 1,0$$

*Escorrentía:* La escorrentía total a la salida del área considerada está constituida por el escurrimiento, una fracción de la escorrentía afluyente proveniente de otras áreas y de la escorrentía retardada producida en el intervalo de tiempo anterior, y el caudal base. Las ecuaciones usadas son las siguientes:

$$\text{ESCT} = \text{ESCD} + \text{ESCORR} + \text{QB}$$

$$\text{ESCORR} = \text{PESC} \times (\text{ESCOTA} + \text{ESCORT}^{(i-1)})$$

$$\text{ESCORT}^{(i)} = (1,0 - \text{PESC}) \times (\text{ESCOTA} + \text{ESCORT}^{(i-1)})$$

### 3.5.2.- Estructura de solución del modelo

1. Cálculo de precipitación, evaporación y evapotranspiración potencial (PRE, EVM, ETR).
2. Cálculo de los procesos de transferencia y almacenamiento relacionados con la humedad del suelo (AINFRE, ASUP, PERC, ETR, HSF).
3. Cálculo de los procesos de transferencia y de almacenamiento relacionados con el almacenamiento del agua subterránea (QB, FSUBE, VF).
4. Cálculo del escurrimiento y almacenamiento superficial (ESCD, ASUPF).
5. Cálculo de escorrentía total (ESCT).

La solución del modelo se hace por simple sustitución del valor de las variables discretas en las ecuaciones, debido a que estas son de tipo algebraico. Existe, sin embargo, una condición de dependencia entre procesos de transferencia y procesos de almacenamiento, que no permite resolver secuencialmente las ecuaciones usadas para la simulación de los procesos. En tales casos el método general de solución empleado consiste en: suponer un valor de almacenamiento promedio durante el intervalo de tiempo que se analiza, resolver las expresiones matemáticas usadas para simular los procesos de transferencia, calcular a partir de los resultados obtenidos anteriormente el valor del almacenamiento final y calcular el almacenamiento promedio. Si este último no difiere significativamente del asumido al inicio se aceptan los resultados, en caso contrario se repite el proceso.

### 3.5.3.- Listado de símbolos del modelo

AASI	Almacenamiento de agua subterránea inicial
AINFP	Infiltración potencial
AINFRE	Infiltración real
ASUP	Almacenamiento superficial disponible
ASUPF	Almacenamiento superficial final
CLE	Contenido límite de humedad en el suelo
CINF	Capacidad de infiltración
CT	Factor para convertir evaporación media en evapotranspiración potencial
EMI	Evaporación media calculada por Isopleas
EMT	Evaporación media calculada por Thiessen
ETP	Evapotranspiración potencial
ETR	Evapotranspiración real
ESCD	Escorrimento
ESCORR <sub>(t)</sub>	Fración de ESCOTA y ESCORT <sup>(t-1)</sup> que sale como escorrentía del mes
ESCORT <sub>(t-1)</sub>	Escorrentía retardada que sale en el siguiente mes
ESCORT	Escorrentía retardada del mes anterior
ESCOTA	Escorrentía afluente
ESCT	Escorrentía total del mes a la salida del área de drenaje
ESCURT <sub>(t)</sub>	Escorrimento retardado que sale en el siguiente mes
ESCURT <sub>(t-1)</sub>	Escorrimento retardado del mes anterior
ESCUA	Escorrimento afluente
EVj	Evaporación puntual de tina medida en la estación j

EVM	Evaporación media espacial
FPER	Fracción de la infiltración real que percola
FSUBA	Flujo subterráneo afluente
FSUBE	Flujo subterráneo efluente
HDI	Humedad disponible para infiltrar
HIS	Humedad inicial en el suelo
HSF	Humedad del final del suelo
HSM	Humedad del suelo promedio durante el mes
HSN	Almacenamiento nominal de la humedad del suelo
NEPRE	Número de estaciones de precipitación
NEVAP	Número de estaciones de evaporación
PERC	Percolación total durante el mes
PESC	Fracción del almacenamiento superficial que sale como escurrimiento
PFSE	Fracción del almacenamiento del agua subterránea que sale como flujo subterráneo efluente
PMI	Precipitación media calculada por Isoyetas
PMT	Precipitación media por Thiessen
PORCEj	Fracción porcentual del área de drenaje dominada por la estación de evaporación
PORCPj	Fracción porcentual del área de drenaje dominada por la estación de precipitación
PPj	Precipitación puntual medida en la estación j
PRE	Precipitación media espacial
PQB	Fracción de almacenamiento de agua subterránea que sale como caudal base
QB	Caudal base durante el mes
REL	Relación entre la humedad del suelo y su capacidad nominal
VF	Almacenamiento final del agua subterránea
VM	Almacenamiento del agua subterránea promedio durante el mes

## CAPÍTULO IV

### PRODUCCIÓN DE AGUA EN LA CUENCA. LÍNEA BASE

Se trata de la determinación de los caudales medios mensuales correspondientes al período histórico 1961-1990. Para ello se aplicó una simulación hidrológica usando el modelo SIHIM. El primer paso fue su calibración usando el período común (1977-1982) con registros medidos de precipitación, evaporación y escorrentía. Posteriormente se aplicó el modelo calibrado a las series de tiempo de precipitación y evaporación del período base 1961-1990. De los resultados se derivaron curvas de duración de caudales y de variación estacional.

#### 4.1.- Calibración del modelo SIHIM

Los datos hidroclimáticos necesarios para calibrar el modelo SIHIM se obtienen del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) a través de su portal web: <http://www.inameh.gob.ve/>.

En la cuenca existe una estación hidrológica y dos estaciones climáticas (Ver Figura 4.1), cuyas coordenadas son:

Estación El Cruce (precipitación): Latitud: 10,16 Longitud: - 70,89

Estación El Venado (precipitación y evaporación): Latitud: 10,05 Longitud: -70,90

Estación Puente Machango (escorrentía): Latitud 10,07 Longitud: -70,98

Se cuenta con datos mensuales de precipitación (estaciones El Cruce y El Venado), evaporación (estación El Venado) y escorrentía (Puente Machango) para un período común de 6 años de longitud, desde enero de 1977 hasta diciembre de 1982. En la Tabla 4.1 se presentan los datos utilizados para la calibración del modelo.

Se trazaron los polígonos de Thiessen a través de los Sistemas de Información Geográficos en este caso el programa ArcGIS en su módulo analyst tool- proximity. El Venado tiene un área de influencia de 12,3% y El Cruce 87,7% (ver Tabla 4.2 y Figura 4.1), siendo esta última la más representativa en los 608,4 km<sup>2</sup> de superficie de la cuenca.

Tabla 4.2.- Área de influencia de las estaciones El Venado y El Cruce en la cuenca del río Machango.

ESTACIONES	ÁREA km <sup>2</sup>	% DE ÁREA
El Venado	74,68	12,3
El Cruce	533,74	87,7

Fuente: Propia.

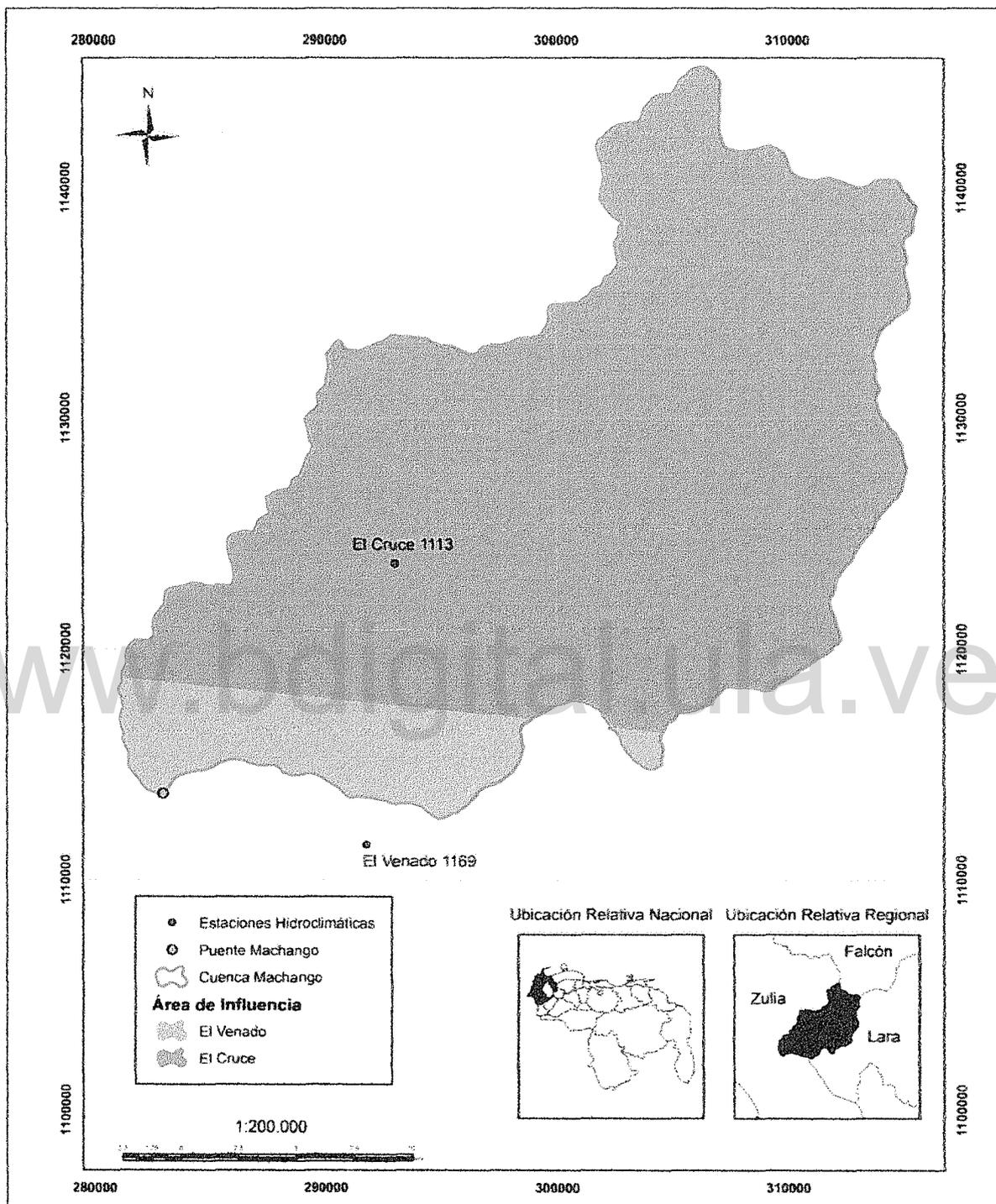


Figura 4.1.- Ubicación y área de influencia de las estaciones El Venado y El Cruce, en la cuenca del río Machango. Fuente: Propia.

Tabla 4.1.- Datos mensuales de precipitación, evaporación, y escurrimiento (período 1977-1982) usados para calibrar el modelo SIHIM.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mm) Estación El Cruce 1113												
1977	5	16,8	46,2	110,4	227	45,8	88,6	184,4	135,4	212,4	115,2	10,4
1978	10	11,8	66	161,9	108	137,2	215,4	185,9	216,4	220,2	99,5	103,4
1979	12,7	86,8	116,7	230,8	148,5	149,4	200,5	85,2	316,7	256,8	340,8	108,2
1980	29,3	14,9	0,4	141,6	101,8	48,7	225,1	180,2	263,5	205,1	241,2	77,5
1981	50,3	138,2	63	172,8	289,4	239,2	181,1	200,1	131,1	171	166,8	89,2
1982	51,5	173,9	39,3	200,4	226,7	51,5	121,7	92,7	143,7	246,8	71,4	76,4
PRECIPITACIÓN (mm) Estación El Venado 1169												
1977	6,4	41	52	68	225	63,6	105,5	154,8	138,8	95,2	78,9	15
1978	40,6	13,8	57,5	92	135,7	108	186,5	143,1	86,9	176,8	65,9	99,9
1979	0	17,3	84,3	135,7	151,9	178,2	158,2	72,4	177,9	273,5	176	85,8
1980	35,4	21,7	3,6	98	129,8	79,8	233,2	97,9	161,9	146,4	179,8	36,4
1981	46	92,6	42,1	229	260,4	244,7	122,4	89,2	180,9	234,5	154,4	74,6
1982	25,3	56,5	92	98,1	129,8	48,1	144,3	122,6	166,5	262,1	70,8	52,9
EVAPORACIÓN (mm) Estación El Venado 1169												
1977	227,9	183	207,3	237,4	174,9	217	221,9	177,7	170,5	143,8	237,6	261,6
1978	187,9	233,9	265,6	159	261,8	243,9	266,6	282,8	279,1	230,2	248,6	269,5
1979	278	241,9	267,3	260,2	278,1	188,3	246,1	220,9	125,6	109,4	168,4	265,7
1980	253,4	238,9	339,9	239,4	225,3	263,5	192,5	186,1	196,5	120	101,8	194,3
1981	95,7	194,6	225,2	175,2	192,5	169,9	185,6	130,2	167,2	172,9	153,6	173,2
1982	182,2	178,9	201,3	191,7	181,2	192,3	194	188,2	195,7	197,3	184,9	198,7
ESCORRENTÍA (m <sup>3</sup> /s) PUENTE MACHANGO												
1977	0,79	0,02	0,00	0,28	5,45	2,65	1,53	3,84	3,47	6,17	4,85	1,52
1978	0,2	0,15	0,35	5,44	6,12	4,02	4,36	4,36	3,66	5,39	5,86	3,39
1979	1,26	0,18	1,34	5,85	5,32	10,34	4,83	2,86	9,71	16,66	22,75	6,62
1980	3,52	2,00	0,46	0,88	3,67	1,63	2,80	3,83	5,18	5,60	6,99	4,17
1981	2,55	2,76	3,29	8,79	17,18	12,24	9,41	5,17	6,80	9,17	12,68	6,03
1982	3,49	2,73	1,49	11,03	14,91	2,85	1,52	1,45	2,73	6,50	3,41	2,78

Fuente: INAMEH

Se realizó una autocalibración del modelo SIHIM (el programa aplica el algoritmo de Hooke and Jeeves), optimizándose los siguientes parámetros: capacidad de infiltración (CINF), humedad nominal del suelo (HSN), factor para convertir la evaporación en evapotranspiración potencial (CT), fracción del almacenamiento de agua subterránea que sale como caudal base (PQB) y fracción del almacenamiento de agua subterránea que sale como flujo subterráneo efluente (PFSE). En la Tabla 4.3 se presentan los valores finales de cada parámetro del modelo, los cuales corresponden a la minimización de las diferencias entre los valores de escorrentía observados y simulados (Ver Figura 4.2). En el Apéndice 1.1 se presentan los archivos de entrada y salida del modelo SIHIM.

Tabla 4.3.- Parámetros a calibrar en el modelo SIHIM.

Parámetros	CINF	HSN	CT	PQB	PFSE
Inicial	100	100	0.70	0.01	0.01
Final	400	300	0.80	0.80	0.80

Fuente: Propia.

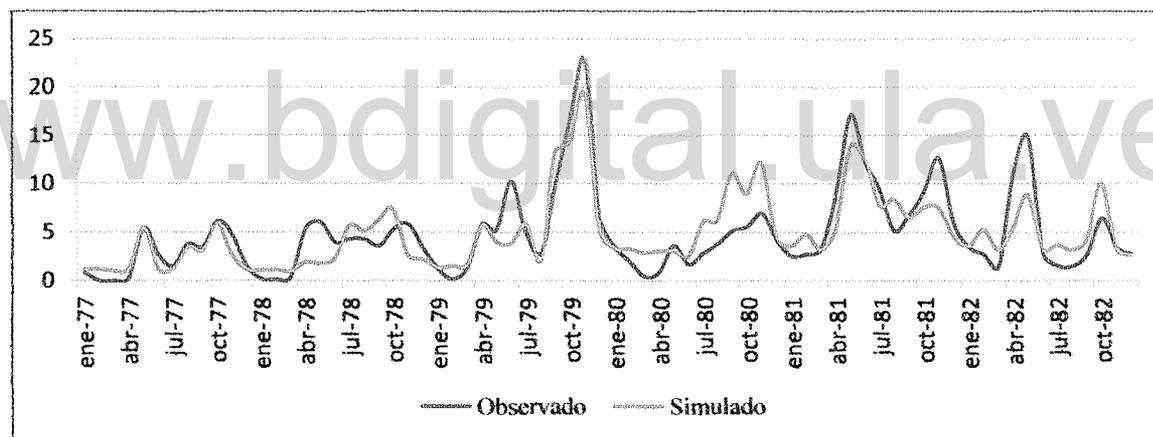


Figura 4.2.- Escorrentía observada y simulada para el período de 1977 a 1982. Fuente: Propia.

El resultado de la calibración indica una diferencia de 0,54% entre los volúmenes totales de escorrentía observada y simulada (período 1977-1982): 1544 mm de escorrentía observada y 1553 mm la escorrentía simulada. El coeficiente de correlación fue de 0.830, indicando un buen ajuste entre ambas series de tiempo, la observada (azul) y la simulada (rojo).

#### 4.2.- Producción de agua. Línea base

Se consideró como línea base, o período de referencia para comparar los cambios climáticos a futuro, el mismo período base utilizado por el IPCC- AR4, es decir el período de 30 años desde 1961 hasta 1990.

Para calcular la producción de agua de este período se aplica, entonces, el modelo SIHIM con los parámetros calibrados y utilizando las series de tiempo de precipitación y evaporación correspondientes al período 1961-1990 para las mismas estaciones usadas en la calibración.

En la Figura 4.3 se muestra un diagrama de barras representativo de la información climática disponible desde el portal WEB del INAMEH (Las series de tiempo originales se presentan en el Apéndice 1.2).

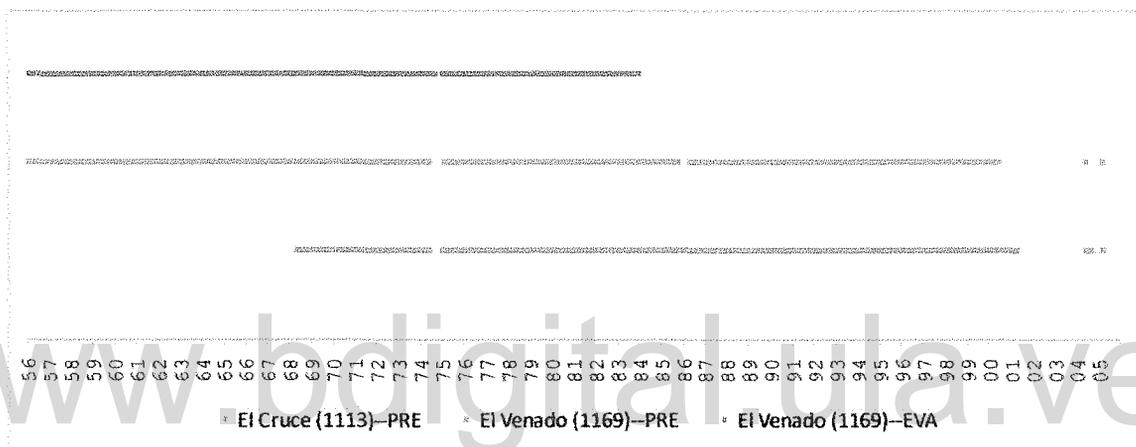


Figura 4.3.- Datos mensuales disponibles en las estaciones climáticas de la cuenca. Fuente: Propia.

Los datos faltantes de precipitación se completaron mediante correlación lineal entre las dos estaciones de lluvia (El Cruce y El Venado). Para completar los datos de evaporación fue necesario establecer correlaciones con una estación más lejana: CANAL V.O.C. (serial 1931).

Una vez completados los datos mensuales climáticos en cada estación, se aplicó el modelo calibrado obteniéndose la serie de caudales medios mensuales para el período 1961-1990 (360 meses). En el Apéndice 1.3 se presentan los archivos de entrada y salida del modelo SIHIM, mientras que en la Tabla 4.4 se muestran los principales estadísticos de la serie generada. El caudal medio del período base resultó igual a  $4,9 \text{ m}^3/\text{s}$ , variando entre  $2,1 \text{ m}^3/\text{s}$ , en el mes de abril, y  $9,8 \text{ m}^3/\text{s}$ , en el mes de octubre.

Tabla 4.4.- Promedios de caudales simulados Línea Base: 1961-1990.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Promedio	2,35	2,48	2,06	3,71	6,28	4,46	4,80	6,26	7,29	9,79	5,68	3,13
desv	0,91	1,07	0,77	2,51	4,36	3,37	2,78	3,98	3,32	6,41	4,02	1,42
CV	39%	43%	38%	68%	69%	76%	58%	64%	46%	65%	71%	45%

Fuente: Propia.

Se elaboraron curvas de duración de caudales medios mensuales y de variación estacional mediante el procesamiento probabilístico de los datos anteriores. En el Apéndice 1.4 se muestran las tablas calculadas.

En la Figura 4.4 se muestra la curva de duración de caudales, de donde se desprende que para probabilidades de excedencia 95%, 90% y 80% se tendrían caudales seguros de 1,23, 1,61, 2,03 m<sup>3</sup>/s, respectivamente.

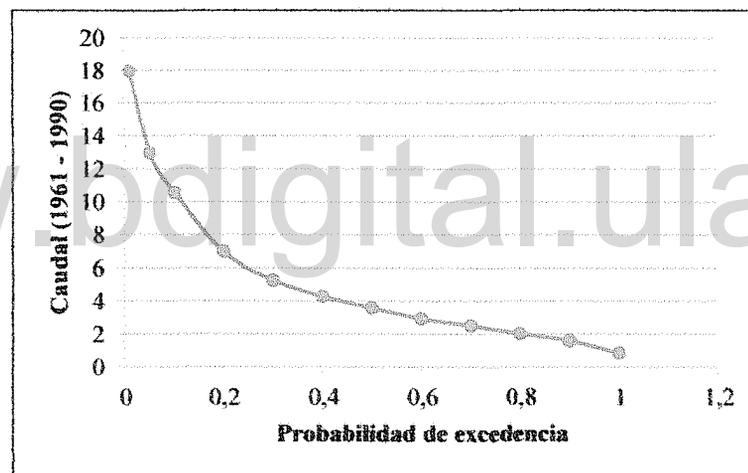


Figura 4.4.- Curva de duración de caudal (m<sup>3</sup>/s). Fuente: Propia.

Por su parte, de la curva de variación estacional de caudales, presentada en la Figura 4.5 para tres probabilidades de excedencia (80%, 90% y 95%), se aprecia un definido período de estiaje entre los meses de diciembre y abril, con caudales entre 0,9 y 2 m<sup>3</sup>/s. En octubre se producen los mayores caudales medios mensuales del año, entre 3,6 m<sup>3</sup>/s (95% prob) y 5,2 m<sup>3</sup>/s (80% prob).

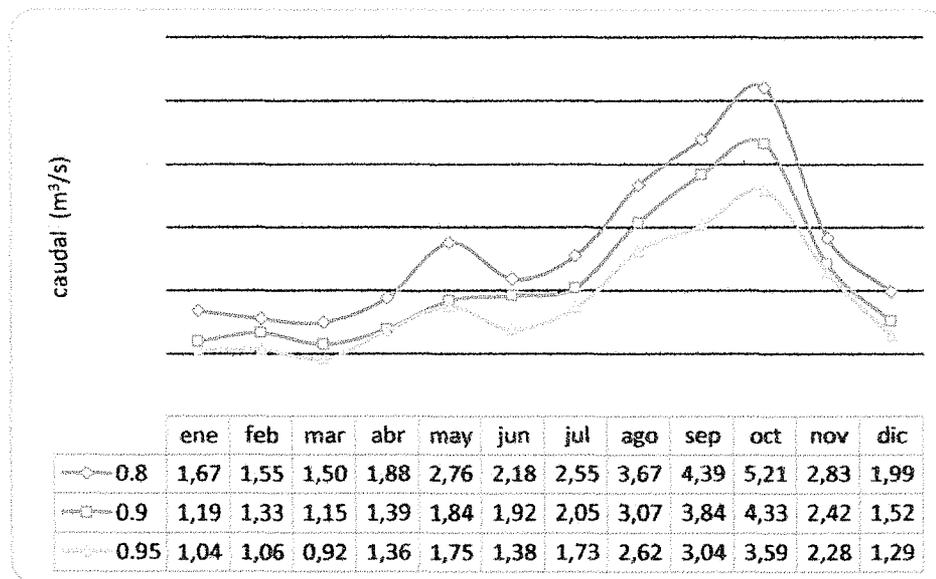


Figura 4.5.- Curva de variación estacional de caudales ( $m^3/s$ ) para tres probabilidades de excedencia: 95%, 80% y 70%. Fuente: Propia

www.bdigital.ula.ve

## CAPÍTULO V

### SELECCIÓN DE MODELO GENERAL DE CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA

No hay trabajos antecedentes sobre los efectos del cambio climático en la cuenca del río Machango, en particular. En virtud de esta carencia, en este capítulo se presenta el desarrollo metodológico y los resultados obtenidos al pretender seleccionar un Modelo General de Circulación Atmosférica (MGCA) del IPCC-AR4 que tenga validez para la cuenca de estudio.

Los datos mensuales de los diferentes MGCA (IPCC- AR4) utilizados en esta investigación se obtuvieron del sitio web de la Red Canadiense de Escenarios de Cambio Climático (Canadian Climate Change Scenarios Network, CCCSN: [www.cccsn.ec.gc.ca](http://www.cccsn.ec.gc.ca)), filtrándolos espacialmente a la superficie definida por la ventana con las coordenadas geométricas indicadas en la Figura 5.1, correspondiente a la cuenca del río Machango.

The screenshot shows the CCCSN website interface. On the left is a navigation menu with options like 'About Us', 'Download Data', 'Introduction (Download Data)', 'GCM/RCM Monthly', 'CRCM Daily', 'Reanalysis', 'Observations', 'Other Data', 'New Scenarios', 'Downscaling Tools', 'National Index', 'News and Updates', 'Help/Contact', and 'Ensemble'. The main area features a map of the study region with several location markers (Ibo, Santa Rita, Cabimas, Ciudad Ojeda, Bachaquero, Mene de Mauroa, Zúñiga, El Acostado). Below the map are controls for 'Point Selection' and 'Area Selection'. The 'Select Coordinates' section has input fields for Start Latitude (10.43), End Latitude (10.02), Start Longitude (-71.06), and End Longitude (-70.66). The 'Variable Selection' section includes three columns: 'Select Assessment' (SAR (1996), TAR (2001), AR4 (2007)), 'Select Model' (BCM2.0 - Run 1, CGCMIT47 - Mean, CGCMIT61 - Run 1, CCMRMI1 - Run 1, CCRQMI1.0 - Run 1), and 'Select Experiment' (Select experiment).

Figura 5.1.- Ventana del sitio web utilizada para la descarga de datos de los MGCA.

De los 23 Modelos Generales de Circulación Atmosférica (MGCA), señalados en el Capítulo 3 (Tabla 3.1), se seleccionaron preliminarmente ocho modelos con base a la revisión de

literatura sobre este tópico en la región latinoamericana (Villers & Trejo, 1998; Gulizia & Camilloni, 2009; Samper et al, 2007; Gutierrez et al, 2012; Jiménez, J. 2011). Estos modelos son: CGCM3T63, HADGEM1, MIROC3.2HIRES, GFDLCM2.1, CGCM3T47, ECHAM5OM, HADCM3 y BCM2.0.

A objeto de seleccionar el o los modelos a aplicar en la cuenca del río Machango, se realizó un análisis comparativo entre ellos basado en tres criterios principales: 1°) Cambio de la precipitación anual proyectada en el futuro cercano; 2°) Correlación lineal entre los MGCA y los datos medidos en estaciones dentro de la cuenca; 3°) Al reducirse la escala (Capítulo VI), los datos estimados en las estaciones locales mantengan porcentualmente las tasas de cambio proyectadas por el MGCA desde donde se hace la reducción de escala.

Siguiendo el enfoque común en la literatura sobre cambio climático (precipitación, temperatura y otros) de presentar promedios aritméticos para períodos de 30 años, en el presente estudio se adoptaron los siguientes: 2015 a 2044, 2035 a 2064 y 2055 a 2084, a los cuales denominaremos 30s, 50s y 70s, respectivamente. No obstante, la selección de modelos se hará con énfasis en las proyecciones del futuro cercano, es decir, el período 2015 a 2044 (30s).

#### *Criterio 1. Cambio porcentual en las precipitaciones proyectadas*

Las proyecciones de precipitación según cada MGCA y escenario (SR) de emisión de CO<sub>2</sub> se muestran en la Tabla 5.1, y su representación gráfica en la Figura 5.2. Se observa que la mayoría de los modelos proyectan una reducción del total de lluvia en el futuro cercano (años 30s). En efecto, solo seis de los 21 casos mostrados en la tabla presentan un ligero cambio positivo (menos de +3%), mientras que el rango de los cambios negativos para el período de los 30s está entre -23% y -1%.

En atención al amplio rango del impacto climático sobre la precipitación anual de la cuenca, lo cual implica una mayor incertidumbre, se procedió a dividir en tres categorías la magnitud del impacto en el futuro cercano, según se ilustra en la Figura 5.2 mediante óvalos con líneas discontinuas. El propósito es la selección de un MGCA representativo de cada categoría, de manera que se pueda determinar y comparar el impacto del cambio climático sobre la producción de agua de la cuenca considerando tres niveles de impacto en la reducción de la precipitación, con lo cual se cubra el rango de incertidumbre existente.

De esa forma, Ver Tabla 5.2, se tiene que 11 de las combinaciones MGCA-SR pertenecerían a la zona de menor impacto, 9 combinaciones a la zona intermedia, y 2 combinaciones a la zona de mayor impacto.

En primera instancia, dada la naturaleza de la presente investigación (disponibilidad de agua en la cuenca), luce apropiado seleccionar en cada categoría de impacto el MGCA que proyecta la mayor reducción de la precipitación en el futuro cercano: MIROC3.2HIRES SR-B1, CGCM3T63 (Mean) SR-A2 y HADGEM1 SR-A2.

Sin embargo, en busca de mayor rigurosidad, se evaluaron también los criterios 2 y 3 para asegurar que los MGCA anteriores también satisfagan esos aspectos fundamentales. A continuación se desarrollan estos criterios.

Tabla 5.1.- Efecto del cambio climático en la precipitación anual de la cuenca del río Machango según diferentes MGCA y escenarios (SR) de emisión de CO2.

MGCA-SR (AR4)	Cambio porcentual de la precipitación anual promedio proyectada para el período		
	30s	50s	70s
CGCM3T63 (Mean) SR-A1B	-9%	-10%	-19%
CGCM3T63 (Mean) SR-A2	-14%	-15%	-19%
CGCM3T63 (Mean) SR-B1	-9%	-11%	-12%
CGCM3T47 (Mean) SR-A1B	-12%	-15%	-20%
CGCM3T47 (Mean) SR-A2	-11%	-16%	-23%
CGCM3T47 (Mean) SR-B1	-9%	-12%	-17%
BCM2.0 SR-A1B	0%	0%	0%
BCM2.0 SR-A2	-1%	-4%	-7%
BCM2.0 SR-B1	0%	1%	1%
ECHAM50M SR-A1B	-2%	-5%	-10%
ECHAM50M SR-A2	1%	-4%	-11%
ECHAM50M SR-B1	2%	-1%	-9%
MIROC3.2HIRES SR-A1B	3%	-2%	-19%
MIROC3.2HIRES SR-B1	-3%	-2%	2%
HADCM3 SR-A1B	-3%	-17%	-32%
HADCM3 SR-A2	-10%	-21%	-34%
HADCM3 SR-B1	-2%	-15%	-20%
HADGEM1 SR-A1B	-16%	-33%	-39%
HADGEM1 SR-A2	-23%	-39%	-50%
GFDLCM2.1 SR-A1B	-9%	-11%	-6%
GFDLCM2.1 SR-A2	-9%	-8%	-13%
GFDLCM2.1 SR-B1	2%	-5%	1%

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de CCCSN.

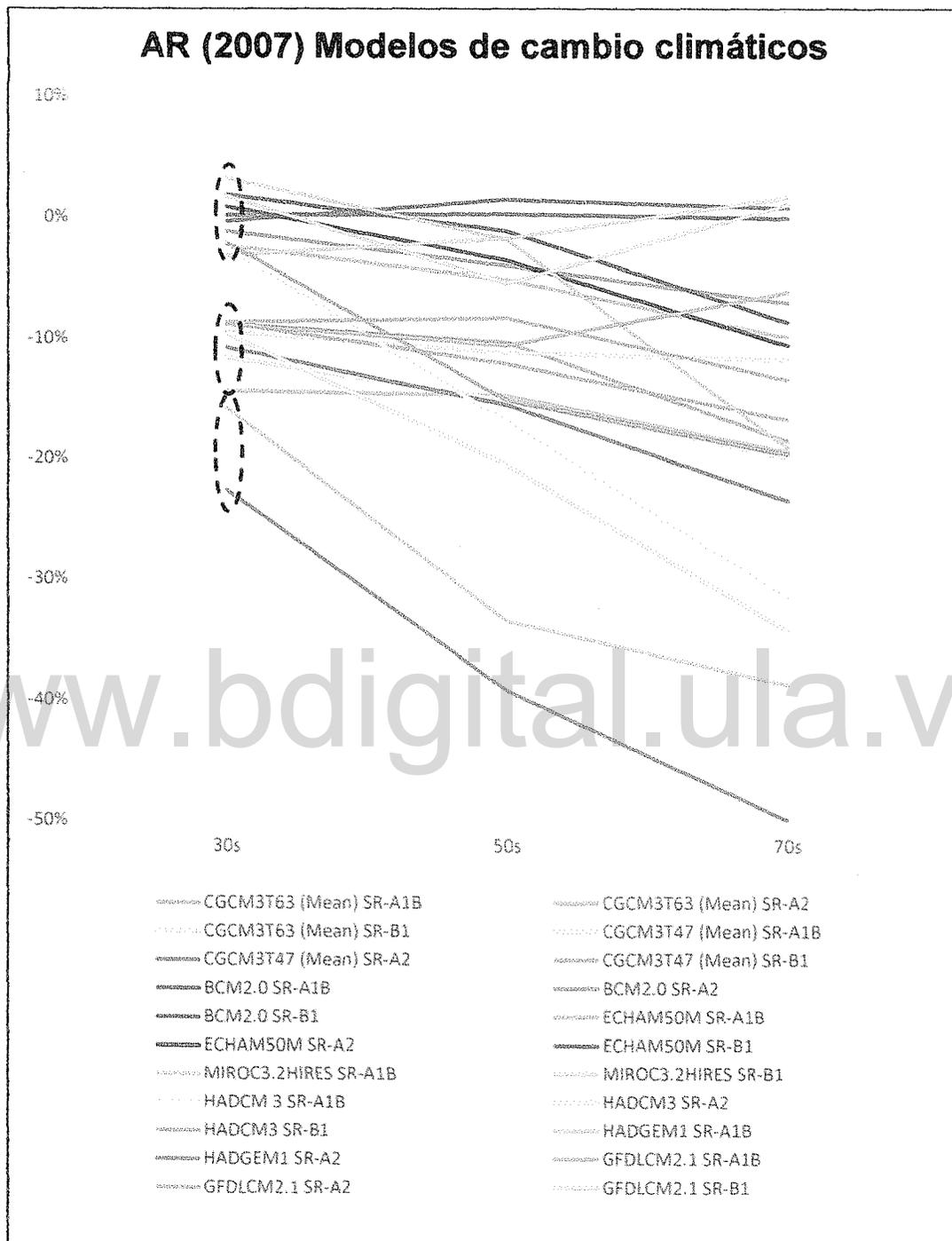


Figura 5.2. Magnitud del cambio de precipitación anual proyectada por los MGCA en un futuro cercano. Fuente: Elaboración propia con base a los datos del CCCSN.

Tabla 5.2 Agrupamiento de las combinaciones MGCA-SR en tres categorías de impacto del cambio climático en la precipitación anual de la cuenca en el futuro cercano (30s)

MGCA-SR	Precip (% cambio) 30s	MGCA-SR	Precip (% cambio) 30s	MGCA-SR	Precip. (% cambio) 30s
<i>Menor Impacto</i>		<i>Impacto medio</i>		<i>Mayor Impacto</i>	
MIROC3.2HIRES SR-A1B	3%	GFDLCM2.1 SR-A2	-9%	HADGEM1 SR-A1B	-16%
ECHAM50M SR-B1	2%	CGCM3T47 (Mean) SR-B1	-9%	HADGEM1 SR-A2	-23%
GFDLCM2.1 SR-B1	2%	GFDLCM2.1 SR-A1B	-9%		
ECHAM50M SR-A2	1%	CGCM3T63 (Mean) SR-A1B	-9%		
BCM2.0 SR-A1B	0%	CGCM3T63 (Mean) SR-B1	-9%		
BCM2.0 SR-B1	0%	HADCM3 SR-A2	-10%		
BCM2.0 SR-A2	-1%	CGCM3T47 (Mean) SR-A2	-11%		
HADCM3 SR-B1	-2%	CGCM3T47 (Mean) SR-A1B	-12%		
ECHAM50M SR-A1B	-2%	CGCM3T63 (Mean) SR-A2	-14%		
HADCM 3 SR-A1B	-3%				
MIROC3.2HIRES SR-B1	-3%				

Fuente: Elaboración propia con base a los datos del CCCSN.

### *Criterio 2. Correlación entre MGCA y mediciones locales*

Existen importantes diferencias entre la precipitación de los MGCA y aquellas registradas localmente en la cuenca (promedio aritmético de las 2 estaciones existentes), como se ilustra en la Figura 5.3, lo cual era de esperarse debido a la amplia escala espacial de los MGCA. No obstante y de mayor relevancia, en la posterior reducción de escala espacial, es la correlación entre las series de datos del MGCA y aquellos medidos sobre el terreno. Se trata de la correlación simple lineal entre los datos de precipitación estimados por lo modelos de cambio climático para el período de línea base 1961-1990, y aquellos efectivamente registrados en las estaciones de influencia en la cuenca del río Machango (El Cruce y El Venado) para el mismo período.

Una primera visión del grado de asociación entre los datos del MGCA y los datos de precipitación de las estaciones locales se ilustra de manera gráfica en las Figuras 5.4 y 5.5 para los casos anual y mensual, respectivamente. Se observa para el caso anual (Figura 5.4) escasa correlación entre los datos, a diferencia de las series mensuales (Figura 5.5) que reproducen la alternancia de los ciclos de sequía y lluvia de manera satisfactoria.

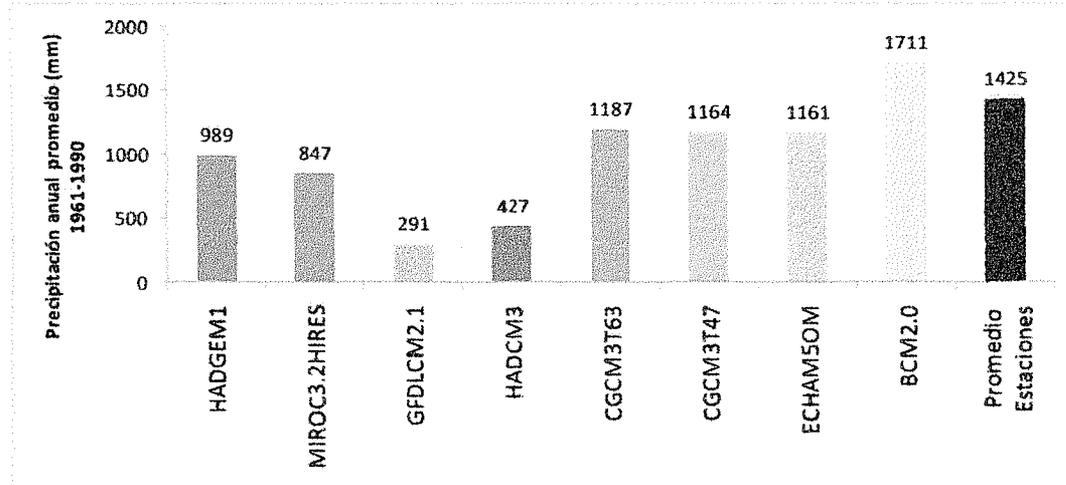


Figura 5.3. Precipitación anual promedio (línea base 1961-1990) en la cuenca del río Machango asumida por los MGCA y promedio registrado en las estaciones locales. Fuente: Elaboración propia con base a los datos del INAMEH y CCCSN.

De las gráficas anuales (Figura 5.4) resaltan dos hechos:

1) De mejor manera que en la Figura 5.3, se aprecian las diferencias significativas de precipitación anual que manejan los distintos MGCA (GFDLCM2.1 HADCM3 son los que presentan mayores sesgos en relación a las mediciones locales).

2) Algunos modelos (CGCM3T47 y ECHAM50M) tienen estrechos rangos de variabilidad de la precipitación anual: patrones casi uniformes, altamente contrastantes con la realidad medida en las estaciones locales

A efecto de cuantificar un grado de asociación, se calculó la correlación simple lineal de las series anuales y mensuales mostradas en las figuras anteriores, incluyendo el test estadístico t-Student para evaluar la significancia del coeficiente de correlación calculado. Los resultados se muestran en la Tabla 5.3 donde se corrobora la escasa correlación entre la precipitación anual utilizada por los MGCA y la medida en la cuenca del río Machango:  $r < 0,30$  en todos los casos, excepto entre el modelo CGCM3T63 y la estación El Venado donde  $r = 0,36$  ( $p\text{-value} = 0,0436$ ).

Sólo cuando se consideraron los datos mensuales como una serie continua (372 valores desde 1960 a 1990) se obtuvieron coeficientes de correlación significativos. Aunque solo 4 modelos tuvieron coeficientes de correlación ligeramente mayores a 0,5 (CGCM3T63, HADGEM1, MIROC3.2HIRES, CGCM3T47)

### *Criterio 3. Comportamiento durante la reducción de escala*

Cuando se aplica una reducción de escala estadística (tema del Capítulo VI), con el propósito de ajustar las proyecciones futuras de los MGCA a la escala del terreno, con base en modelos de regresión simple (lineal y polinómica en el presente estudio), los valores estimados presentarán desviaciones o errores que son propios del método de regresión. Al final se

obtiene una serie de datos que pudieran no reflejar adecuadamente las tasas de cambio de la precipitación en la cuenca según las proyecciones originales del mismo MGCA usado para la reducción de escala. La causa principal de tal sesgo radica en que existen valores proyectados por los MGCA que están fuera del rango usado para el establecimiento de las ecuaciones de regresión; al aplicar las ecuaciones de regresión en tales casos se están haciendo extrapolaciones que conllevan a imprecisiones. Para evitar sesgos grandes es necesario evaluar y corregir individualmente aquellas extrapolaciones que arrojen valores de precipitación muy extremos. Labor que requiere considerable tiempo por el elevado número de datos.

*Con este tercer criterio se pretende que los MGCA seleccionados sean aquellos que, después de aplicarse la reducción de escala estadística, dejen como producto series de tiempo (precipitación mensual en las estaciones locales) con el menor sesgo posible en cuanto a las tasas de cambio de la precipitación previstas originalmente por el MGCA para el futuro cercano (período de los 30s). Es decir, aquellos MGCA que presenten menos inconvenientes debido al número y magnitud del sesgo debido a extrapolaciones.*

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

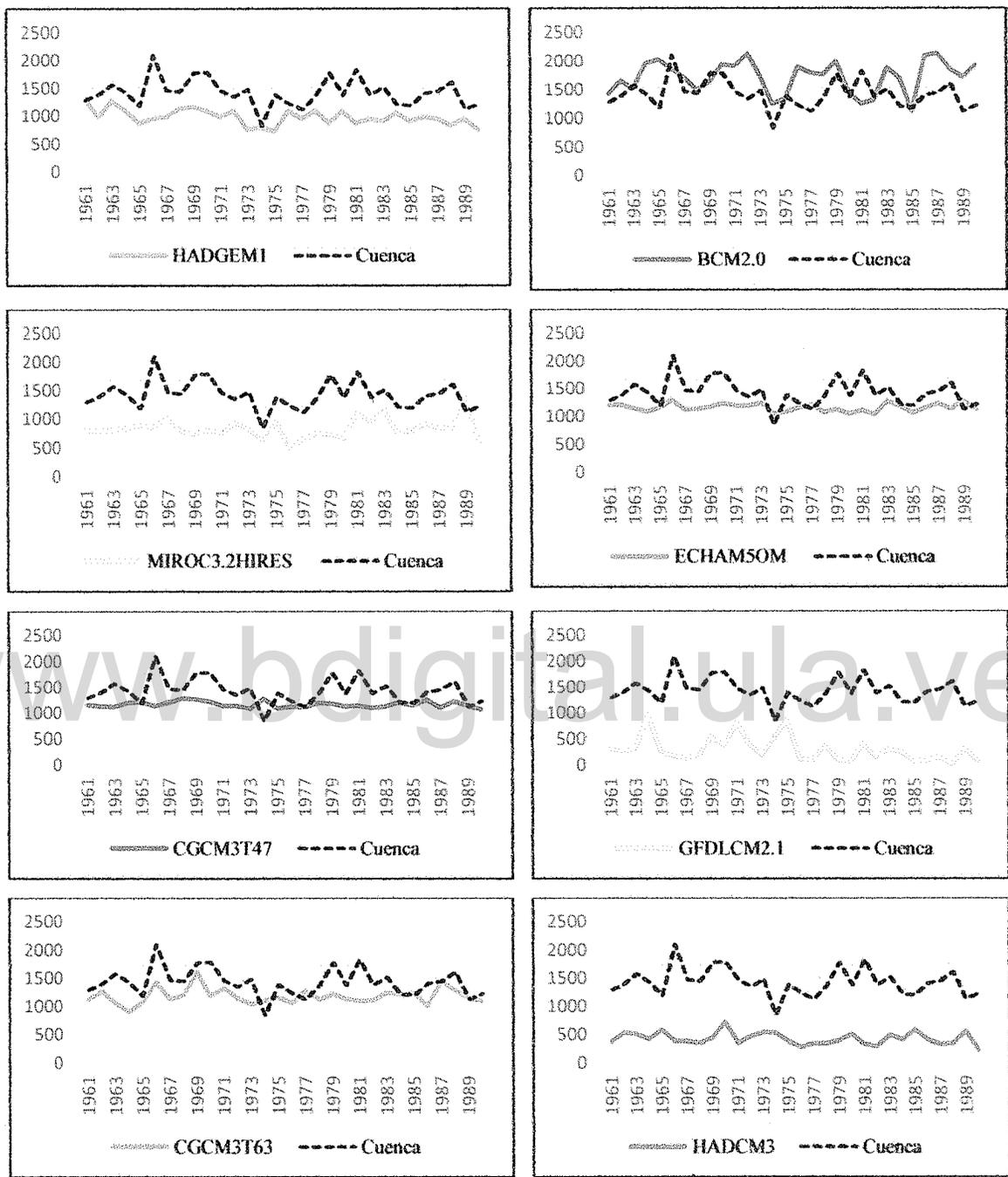
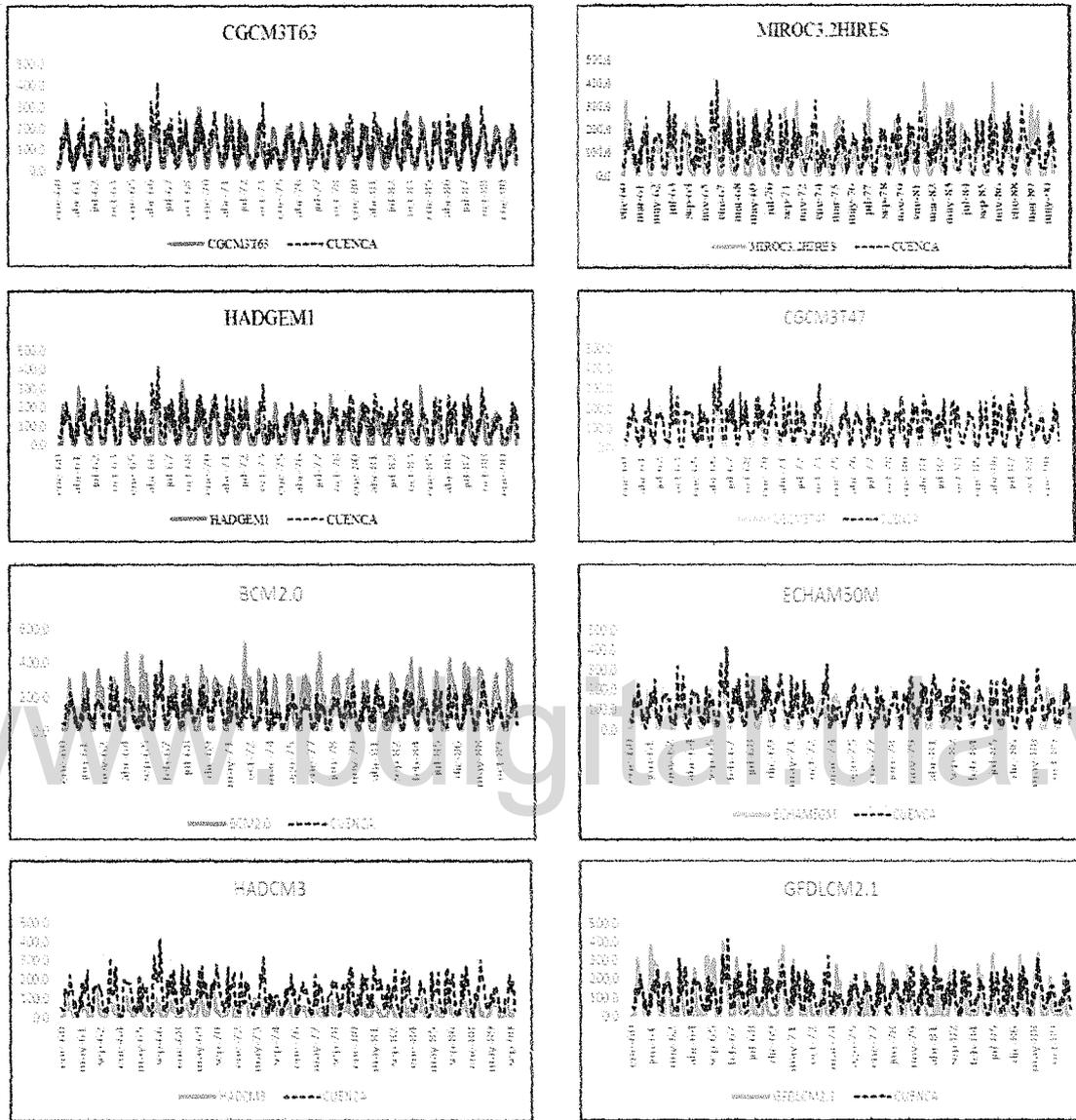


Figura 5.4.- Series de tiempo entre los datos de cada MGCA y los datos de precipitación de las estaciones locales. Fuente: Elaboración propia con base en los datos del CCCSN y del MPPA.



**Figura 5.5.- Series de tiempo entre los datos de cada MGCA y los datos de precipitación mensual continua de las estaciones locales. Fuente: Elaboración propia en base a los datos del CCCSN y del MPPA.**

Tabla 5.3.- Coeficiente de correlación entre la precipitación medida en las estaciones (El Cruce y El Venado) y los MGCA (línea base)

estadístico	Modelos Generales de Circulación Atmosférica (MGCA)							
	CGCM3T63	HADGEM1	MIROC3.2HIRES	GFDL2.1	CGCM3T47	ECHAM5OM	HADCM3	BCM2.0
Datos anuales (1960-1990) (n=31)								
Estación El Cruce (1113)								
Coef. Corr.	0,27	0,08	0,14	0,06	0,11	0,24	0,13	0,13
t-Student	1,50	0,42	0,77	0,33	0,59	1,33	0,72	0,68
p-value	0,1434	0,6742	0,4449	0,7439	0,5582	0,1928	0,4773	0,5014
Estación El Venado (1169)								
Coef. Corr.	0,36	0,11	0,11	-0,02	-0,11	0,30	-0,21	0,24
t-Student	2,11	0,62	0,58	-0,10	-0,62	1,71	-1,14	1,35
p-value	0,0436	0,5401	0,5662	0,9213	0,5421	0,0977	0,2637	0,1859
Datos mensuales (1960-1990) (n=372)								
Estación El Cruce (1113)								
Coef. Corr.	0,55	0,53	0,56	0,23	0,58	0,43	0,45	0,43
t-Student	12,75	12,06	12,87	4,46	13,79	9,09	9,65	9,09
p-value	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Estación El Venado (1169)								
Coef. Corr.	0,56	0,55	0,52	0,23	0,58	0,47	0,44	0,47
t-Student	12,99	12,52	11,71	4,64	13,74	10,17	9,32	10,17
p-value	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Fuente: Elaboración propia con base en los datos descargados de CCCSN.

Para ello se realizó una reducción de escala preliminar con cada MGCA sin intervenir o corregir los valores extremos producto de las extrapolaciones. Se desarrolló solamente el escenario de emisión SR-A1B y el período de los 30s con el objeto de reducir el número de cálculos. Luego, con los valores escalados localmente, se calcularon las tasas de cambio de la precipitación en cada estación (El Venado y El Cruce) y se compararon con las proyectadas por el MGCA. Los resultados se muestran en la Tabla 5.4 y, adicionalmente, en la Figuras 5.6 y 5.7 se ilustran gráficamente los casos anual y mensual respectivamente. Se aprecia que en ningún caso los resultados obtenidos en las estaciones locales reproducen fielmente las tasas de cambio proyectadas por el MGCA, aunque el nivel de sesgo varía entre modelos.

En el caso anual (Figura 5.6) las diferencias en comparación a la tasa de cambio proyectada por los MGCA estuvieron en un amplio rango en las 2 estaciones locales: El Venado (-100% a 164%) y El Cruce (-22% a 157%). Los modelos que tuvieron valores (promedio de las 2 estaciones) con diferencias mayores al 50% del valor original MGCA fueron: CGCM3T47 (Mean), BCM2.0 y HADCM3 (ninguno de los preseleccionados al inicio con el criterio 1).

En el caso mensual (Figura 5.6), en la mayoría de modelos y en ambas estaciones, las desviaciones fueron más grandes, especialmente en la época seca de los meses de enero a marzo. Ello se explica porque fueron en tales meses donde los diferentes MGCA proyectaron la mayoría de los valores fuera del rango obtenido en la línea base (1961-1990). Pero para el resto del año, entre los meses de abril y diciembre, el sesgo es más pequeño, excepto para los modelos BCM2.0, ECHAM50M y CGCM3T47, donde el promedio de las desviaciones estuvo entre 130% y 158% (promedios de las 2 estaciones). Entre abril y diciembre el resto de los MGCA presentaron menores desviaciones, entre 51% y 85%.

#### *MGCA seleccionados*

Finalmente, luego de aplicarse el segundo y tercer criterio, y habiéndose comprobado que los 3 MGCA elegidos inicialmente al evaluarse el primer criterio (un modelo representativo para cada una de las 3 categorías de magnitud del impacto de cambio climático en la precipitación de la cuenca), se mantuvieron siempre entre los 3 o 4 mejores modelos con cada criterio, se determinó que las combinaciones MGCA-SR a considerarse en la siguiente etapa de la investigación fueran:

✓ MIROC3.2HIRES SR-B1

Modelo de Investigación Interdisciplinaria sobre el Clima, Patrocinado por Center for Climate System Research (University of Tokyo), National Institute for Environmental Studies, and Frontier Research Center for Global Change (JAMSTEC), Japan.

Atmósfera top = 40 km

Tope-presión T106

Resolución(a) (~1.1° x 1.1°) L56 K-1.

✓ CGCM3T63 (Mean) SR-A2

Patrocinado por Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis, Canada.

Atmósfera top = 1 hPa T63

Resolución(a) (~1.9° x 1.9°) L31

✓ HADGEM1 SR-A2

Patrocinado por Hadley Centre for Climate Prediction and Research/Met Office, UK.

Atmósfera top = 39.2 km

Resolución(a) ~1.3° x 1.9° L38 (IPCC, 2007).

El escenario B1 pertenece a la familia de líneas evolutivas que describe un mundo convergente con una misma población mundial que alcanza un máximo hacia mediados del siglo y desciende posteriormente, como en la línea evolutiva A1, pero con rápidos cambios de las estructuras económicas orientados a una economía de servicios y de información, acompañados de una utilización menos intensiva de los materiales y de la introducción de tecnologías limpias con un aprovechamiento eficaz de los recursos. En ella se da preponderancia a las soluciones de orden mundial encaminadas a la sostenibilidad económica, social y medioambiental, así como a una mayor igualdad, pero en ausencia de iniciativas adicionales en relación con el clima (IPCC, 2000).

En el escenario A2 de líneas evolutivas describe un mundo muy heterogéneo. Sus características más distintivas son la autosuficiencia y la conservación de las identidades locales. Las pautas de fertilidad en el conjunto de las regiones convergen muy lentamente, con lo que se obtiene una población mundial en continuo crecimiento. El desarrollo económico está orientado básicamente a las regiones, y el crecimiento económico por habitante así como el cambio tecnológico están más fragmentados y son más lentos que en otras líneas evolutivas (IPCC, 2000).

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

Tabla 5.4. Proyecciones de precipitación de los MGCA (futuro cercano, escenario A1B) y resultados de la reducción de escala (sin correcciones) en las estaciones locales

MGCA (SR-A1B) y estaciones	Cambio porcentual de precipitación 2015-2044												
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
CGCM3T47 (Mean)	-10%	-11%	5%	-13%	-6%	-12%	-14%	-8%	-11%	-11%	-25%	-26%	-12%
El Venado (1169) **	-46%	-24%	10%	-13%	-11%	-38%	-48%	-25%	-32%	-25%	-41%	-60%	-29%
El Cruce (1113) **	-40%	-26%	9%	-10%	-6%	-34%	-46%	-22%	-30%	-23%	-42%	-46%	-26%
CGCM3T63 (Mean)	-26%	10%	0%	-24%	-8%	-13%	-14%	-7%	1%	-2%	-6%	-36%	-9%
El Venado (1169) **	-44%	38%	-17%	-18%	-11%	-20%	-21%	-18%	-1%	-4%	-11%	-58%	-14%
El Cruce (1113) **	-42%	29%	-1%	-5%	-7%	-19%	-20%	-16%	-1%	-4%	-11%	-40%	-10%
BCM2.0	-45%	-21%	50%	-40%	-32%	-10%	3%	0%	21%	13%	15%	-20%	0%
El Venado (1169) **	-46%	-10%	66%	5%	-32%	-13%	9%	4%	13%	12%	16%	-9%	2%
El Cruce (1113) **	-43%	-14%	49%	3%	-24%	-14%	2%	3%	16%	11%	17%	-10%	2%
ECHAM50M	-2%	-41%	-24%	-4%	-5%	8%	-2%	-9%	-12%	-5%	11%	23%	-2%
El Venado (1169) **	-11%	-29%	-31%	-7%	-18%	23%	-7%	-21%	-18%	-11%	40%	37%	-4%
El Cruce (1113) **	32%	-21%	-23%	-5%	-12%	32%	-7%	-20%	-10%	-11%	28%	21%	-3%
HADCM3	218%	156%	-52%	-16%	29%	-8%	-11%	-13%	-19%	4%	10%	-46%	-3%
El Venado (1169) **	70%	105%	-28%	-5%	19%	-23%	-10%	-11%	-10%	1%	28%	-17%	0%
El Cruce (1113) **	60%	68%	-13%	-3%	-4%	-15%	-13%	-9%	-12%	0%	16%	-9%	-2%
HADGEM1	-68%	-88%	-53%	-2%	-29%	-15%	-14%	-12%	-19%	-13%	-10%	14%	-16%
El Venado (1169) **	-55%	-50%	-36%	4%	-33%	-14%	-16%	-16%	-21%	-18%	-16%	11%	-18%
El Cruce (1113) **	-43%	-57%	-15%	3%	-22%	-13%	-17%	-15%	-19%	-16%	-15%	5%	-15%
MIROC3.2HIRES	-3%	-46%	105%	38%	12%	-1%	-2%	10%	-17%	-1%	21%	-11%	3%
El Venado (1169) **	1%	-47%	59%	23%	12%	-5%	-2%	11%	-11%	0%	29%	-24%	5%
El Cruce (1113) **	4%	-28%	41%	17%	6%	-1%	-3%	8%	-13%	0%	22%	-18%	3%
GFDLCM2.1	-19%	-34%	-24%	-49%	-60%	-14%	-6%	5%	-1%	-19%	-13%	-24%	-9%
El Venado (1169) **	-9%	-20%	-13%	-17%	-11%	-11%	-13%	11%	-2%	-10%	-11%	-17%	-8%
El Cruce (1113) **	-12%	-30%	-6%	-12%	-7%	-11%	-11%	6%	-2%	-8%	-9%	-11%	-7%

\*\* datos calculados después de la reducción de escala

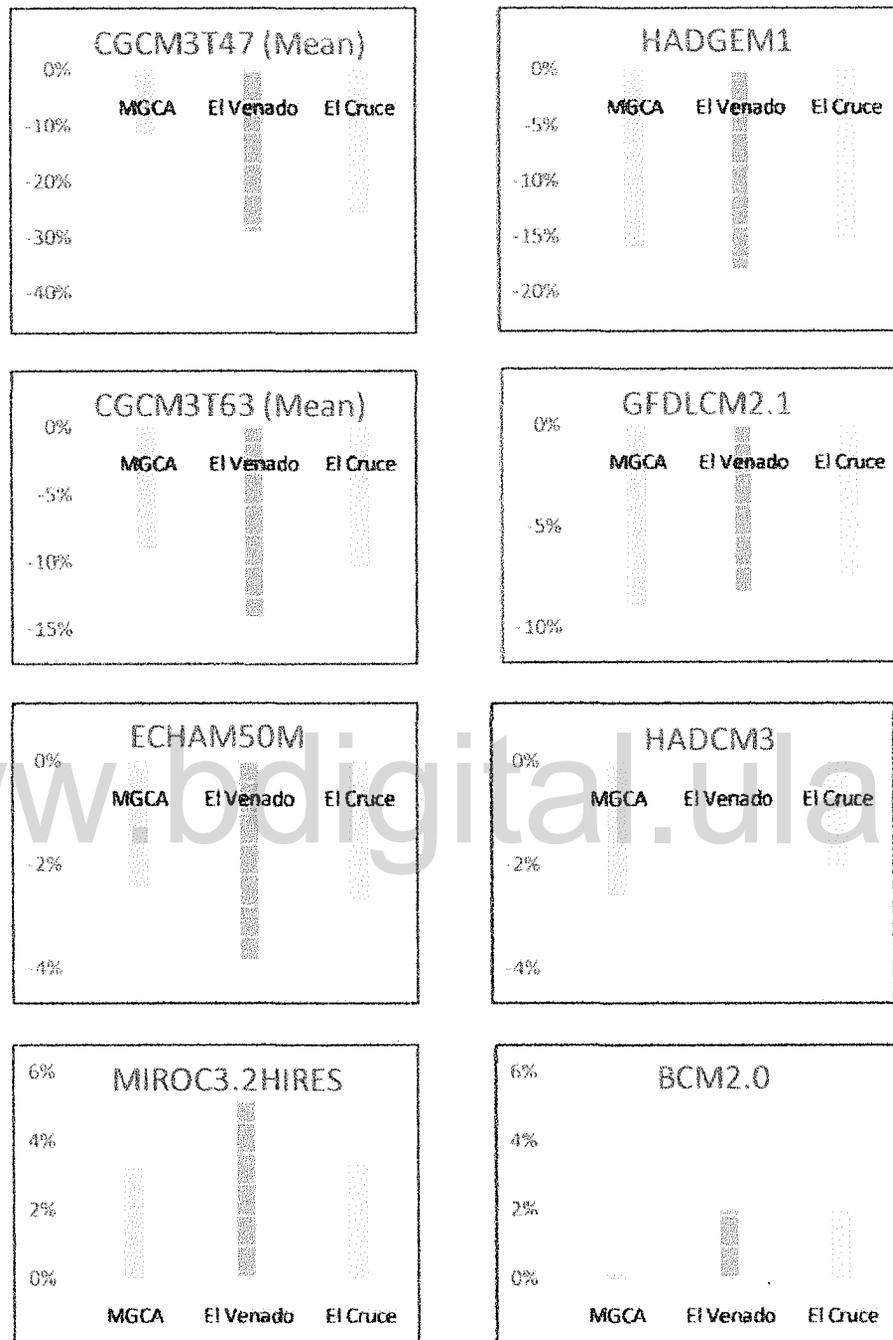


Figura 5.6. Resumen de la reducción de escala (sin correcciones): cambio porcentual de la precipitación total anual, período 2015-2044, escenario SR-A1B. Fuente: Propia.

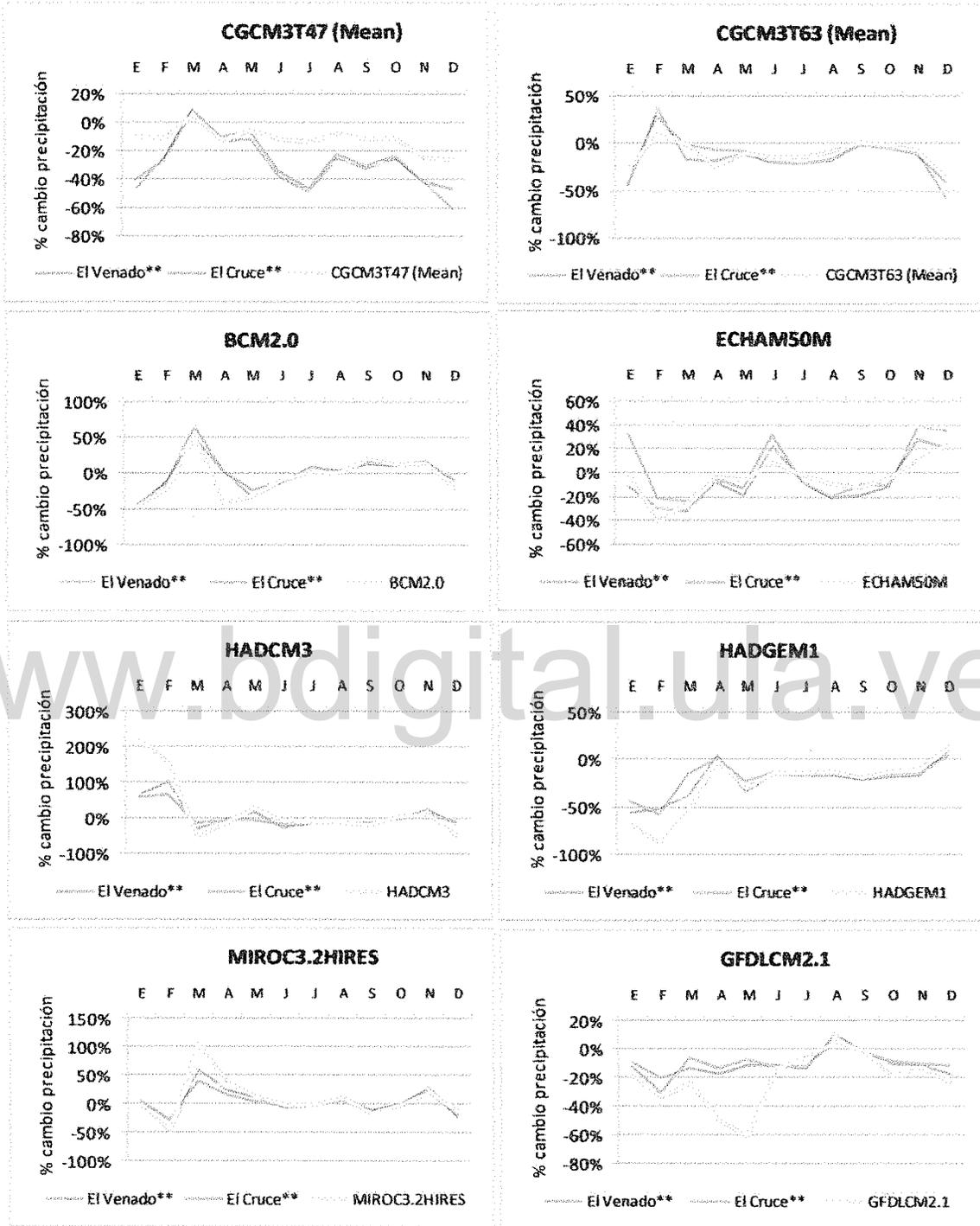


Figura 5.7. Resumen de la reducción de escala (sin correcciones): cambio porcentual de la precipitación mensual, período 2015-2044, escenario SR-A1B. Fuente: Propia.

## CAPÍTULO VI

### PRECIPITACIÓN Y EVAPORACIÓN CONSIDERANDO CAMBIO CLIMÁTICO

Los datos de precipitación y evaporación bajo escenarios de cambio climático en la cuenca del río Machango se obtuvieron aplicando el método de reducción de escala estadística, que consiste en establecer regresiones simples (lineales y polinómicas) entre los datos de línea base establecidos en los MGCA y los datos reales de terreno medidos en las estaciones locales (ver Capítulo III, Marco teórico). Los MGCA utilizados son los seleccionados en el Capítulo anterior: HADGEM1 SR-A2, CGCM3T63 (Mean) SR-A2 y MIROC3.2 HIRES SR-B1.

#### 6.1.- Precipitación mensual

Se establecieron regresiones simples, lineales y polinómicas de tercer orden, entre los datos de las dos estaciones locales (El Venado y El Cruce) y los datos de los MGCA para el período base de 1961 – 1990. Los datos de las estaciones locales son aquellos utilizados durante la simulación hidrológica de la línea base, Capítulo IV. Los datos de los MGCA para el período 1961 – 1990 se obtuvieron del sitio web de la Red Canadiense de Escenarios de Cambio Climático, CCCSN: [www.cccsn.ec.gc.ca](http://www.cccsn.ec.gc.ca), los cuales se presentan en el Apéndice 2.1.

En la Figura 6.1 se ilustra, utilizando el mes de noviembre el tipo de resultado obtenido con cada modelo MGCA. Considerando los tres modelos MGCA, las dos estaciones (El Cruce y El Venado) y doce meses al año, fue necesario elaborar 72 gráficas de regresión, las cuales se muestran en el Apéndice 2.2. Un resumen de los modelos polinómicos obtenidos en cada mes del año se presenta en la Tabla 6.1.

En general, en todos los casos, los  $R^2$  obtenidos fueron mayores a 0,90, con la excepción de dos meses en la Estación El Cruce (enero y marzo en HADCM3), y un mes en la Estación El Venado (noviembre en MIROC3.2).

Para obtener la precipitación considerando el cambio climático en las estaciones locales, se aplicaron los modelos polinómicos de tercer orden de la Tabla 6.1, a los datos proyectados por los tres MGCA seleccionados, para un futuro cercano período 2015 – 2044, los cuales se presentaron en el Apéndice 2.1.

Debido a que los modelos polinómicos de tercer orden pueden producir resultados ilógicos cuando se hacen extrapolaciones (valores de la variable independiente fuera del rango usado para establecer la ecuación de regresión), se aplicaron correctivos de tipo lineal en tales casos. Cuando la variable independiente era mayor al máximo valor usado en la regresión, se aplicó el modelo de regresión lineal simple. Cuando el valor era menor al mínimo usado en la regresión, se interpoló linealmente considerando el segmento entre ese valor mínimo y el origen (0,0).

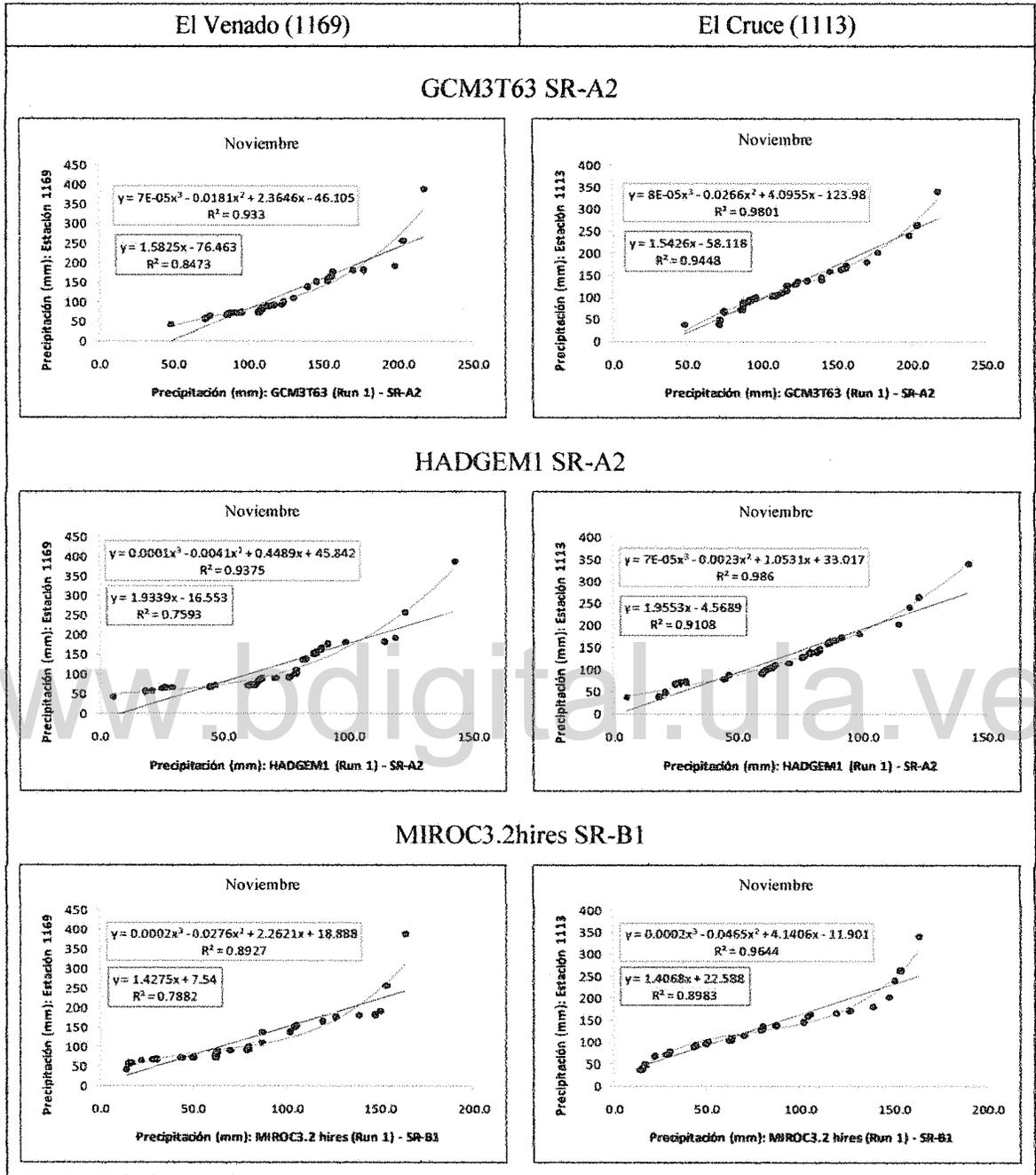


Figura 6.1.- Ecuaciones de regresión para la reducción de escala estadística de la precipitación, mes de noviembre, en cada MGCA (azul: regresión lineal; roja: regresión polinómica). Fuente: Elaboración propia con datos descargados del INAMEH y CCCSN.

Tabla 6.1.- Modelos de regresión polinómica de tercer orden para la reducción de escala en todos los meses del año. Fuente: Elaboración propia con datos descargados del INAMEH y CCCSN.

mes	El Venado (1169)					El Cruce (1113)				
	$a_3(x^3) + a_2(x^2) + a_1(x) + a_0$									
	a3	a2	a1	a0	R2	a3	a2	a1	a0	R2
<b>GCM3T63 SR-A2</b>										
ene	-0.00236	0.244	-5.222	29.017	0.957	-0.00115	0.108	-0.849	-5.300	0.916
feb	0.00202	-0.133	4.673	-15.969	0.978	-0.00119	0.157	-0.085	6.389	0.972
mar	-0.00392	0.307	-3.111	11.536	0.957	0.00077	-0.081	4.640	-4.396	0.964
abr	0.00013	-0.017	3.022	-5.022	0.954	0.00045	-0.066	5.368	13.954	0.968
may	-0.00008	0.029	-0.799	27.342	0.958	-0.00011	0.036	-1.850	113.212	0.980
jun	-0.00009	0.030	-1.030	17.470	0.984	-0.00006	0.022	-0.840	35.060	0.976
jul	0.00003	-0.014	3.500	-184.712	0.956	-0.00002	0.008	0.066	-6.933	0.965
ago	-0.00002	0.017	-1.923	43.682	0.958	0.00006	-0.043	11.705	-916.680	0.969
sep	0.00010	-0.055	11.074	-620.867	0.983	-0.00004	0.021	-2.319	163.659	0.984
oct	-0.00009	0.048	-6.659	360.650	0.981	-0.00003	0.021	-1.960	139.719	0.986
nov	0.00007	-0.018	2.365	-46.105	0.933	0.00008	-0.027	4.095	-123.984	0.980
dic	0.00059	-0.102	6.950	-122.211	0.953	0.00024	-0.050	4.518	-64.403	0.945
<b>HADGEM1 SR-A2</b>										
ene	0.01159	-0.645	11.096	7.165	0.913	0.01785	-0.884	12.072	14.225	0.774
feb	0.01487	-1.011	18.671	6.817	0.966	0.01711	-1.241	26.286	7.800	0.919
mar	0.03194	-0.955	13.430	5.893	0.967	0.03759	-1.144	12.646	29.974	0.848
abr	-0.00012	0.015	1.841	51.133	0.948	-0.00011	0.013	2.043	100.299	0.939
may	0.00005	-0.013	2.609	-21.942	0.951	-0.00001	0.004	0.800	69.705	0.988
jun	-0.00001	0.007	0.002	22.031	0.970	-0.00001	0.005	-0.132	40.782	0.977
jul	0.00003	-0.018	4.404	-213.770	0.963	0.00001	-0.010	3.262	-155.816	0.954
ago	-0.00001	0.012	-1.491	111.113	0.938	0.00000	0.004	0.250	29.514	0.932
sep	0.00001	-0.005	2.096	-69.483	0.955	-0.00006	0.029	-3.233	211.843	0.970
oct	0.00005	-0.010	1.376	17.003	0.984	0.00014	-0.041	5.232	-92.415	0.978
nov	0.00012	-0.004	0.449	45.842	0.938	0.00007	-0.002	1.053	33.017	0.986
dic	0.00431	-0.294	8.977	3.285	0.988	0.00378	-0.309	9.059	26.858	0.970
<b>MIROC3.2 SR-B1</b>										
ene	-0.00317	-0.036	6.928	-15.733	0.979	0.03104	-1.197	17.289	-32.336	0.983
feb	0.01096	-0.799	13.053	-4.911	0.988	-0.00599	0.234	7.908	4.518	0.991
mar	0.04183	-2.321	30.102	-6.018	0.975	0.03458	-1.903	23.623	21.205	0.910
abr	-0.00003	0.007	0.751	42.866	0.942	-0.00002	0.005	0.964	89.700	0.926
may	0.00001	-0.007	1.946	-29.715	0.952	0.00000	-0.001	1.004	52.522	0.984
jun	-0.00001	0.004	0.368	23.411	0.956	0.00003	-0.007	1.294	3.887	0.985
jul	0.00000	-0.002	1.507	-59.043	0.957	-0.00004	0.019	-1.029	44.687	0.964
ago	0.00000	0.002	0.277	39.082	0.936	0.00001	-0.007	2.360	-62.465	0.958
sep	0.00000	0.001	0.242	73.365	0.962	-0.00001	0.010	-1.550	195.470	0.968
oct	-0.00001	0.008	-0.671	101.262	0.954	0.00000	0.001	0.602	79.927	0.973
nov	0.00015	-0.028	2.262	18.888	0.893	0.00020	-0.047	4.141	-11.901	0.964
dic	0.00046	-0.053	4.506	-16.658	0.979	0.00034	-0.061	4.768	5.203	0.980

Los resultados de la reducción de escala período 2015 – 2044, se presenta en formato tabular en el Apéndice 2.3. En formato gráfico los datos se visualizan en la Figura 6.2. Mientras que en la Figuras 6.2(a) y 6.2(b), para la estación El Cruce y El Venado, respectivamente, se observan ligeras modificaciones en el patrón de las series de tiempo obtenidas con cada MGCA, en la Figuras 6.2(c) y 6.2(d), se aprecia claramente una mayor reducción en la precipitación debido al cambio climático proyectada por los modelos HADGEM1 y CGCM3T63.

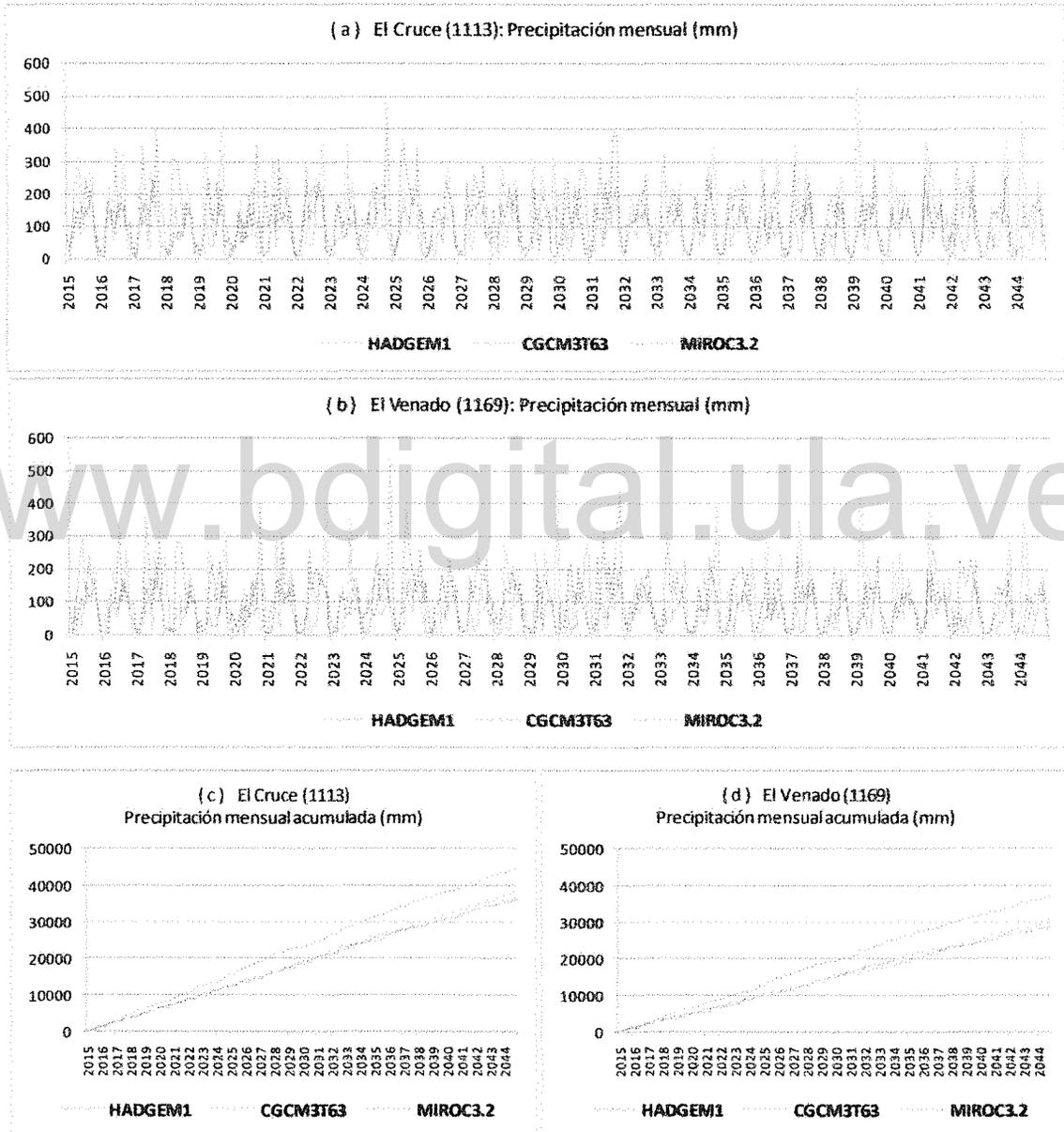


Figura 6.2.- Precipitaciones mensuales 2015-2044 en las estaciones locales considerando cambio climático según los modelos HADGEM1, CGCM3T63 Y MIROC3.2. Fuente: Propia.

En efecto, como se muestra en la Figura 6.3, las precipitaciones anuales promedio 2015–2044, estación El Venado, son iguales a 1017 y 957 mm según CGCM3T63 y HADGEM1, respectivamente, mientras que con MIROC3.2 es 1237 mm. Esto significa reducciones en la precipitación anual, con relación a la línea base, de 21% y 26% para los dos primeros modelos, mientras que la reducción fue de solo 4% con el tercer modelo (ver Figuras 6.3a y c).

De manera similar en la estación El Cruce, se presentan reducciones de la precipitación anual de 18% y 23% para los modelos CGCM3T63 y HADGEM1, mientras que para el MIROC3.2 es de 5% (ver Figuras 6.3b y d).

En términos generales la reducción de escala estadística mantuvo las tasas de cambio proyectadas originalmente por los MGCA; obteniéndose desviaciones entre 0 y -7%, en comparación a las tasas proyectadas por los modelos (HADGEM1: -23%; CGCM3T63: -14%; MIROC3.2: -3%).

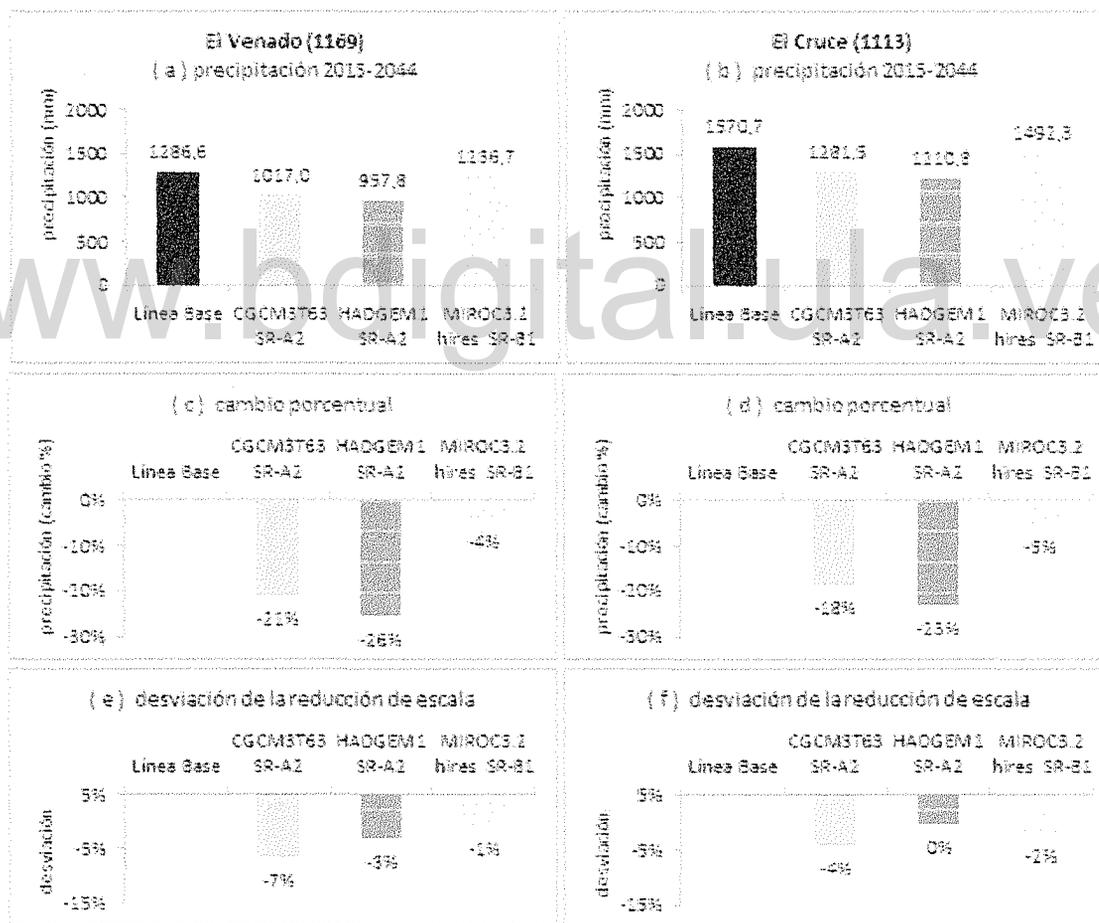


Figura 6.3.- Magnitud y tasa porcentual de cambio de la precipitación anual promedio 2015-2044 bajo cambio climático en las estaciones locales. Fuente: Propia.

A escala mensual, según se ilustra en la Figura 6.4, se aprecia en ambas estaciones que la reducción de la precipitación de acuerdo a los modelos HADGEM1 y CGCM3T63, ocurre durante todo el año, contrario al modelo MIROC3.2 quien prácticamente desde marzo a agosto presenta la misma precipitación de la línea base. En la época de estiaje, de enero a marzo, con el modelo HADGEM1 se obtuvo una reducción de la precipitación mucho más severa que con los otros dos modelos.

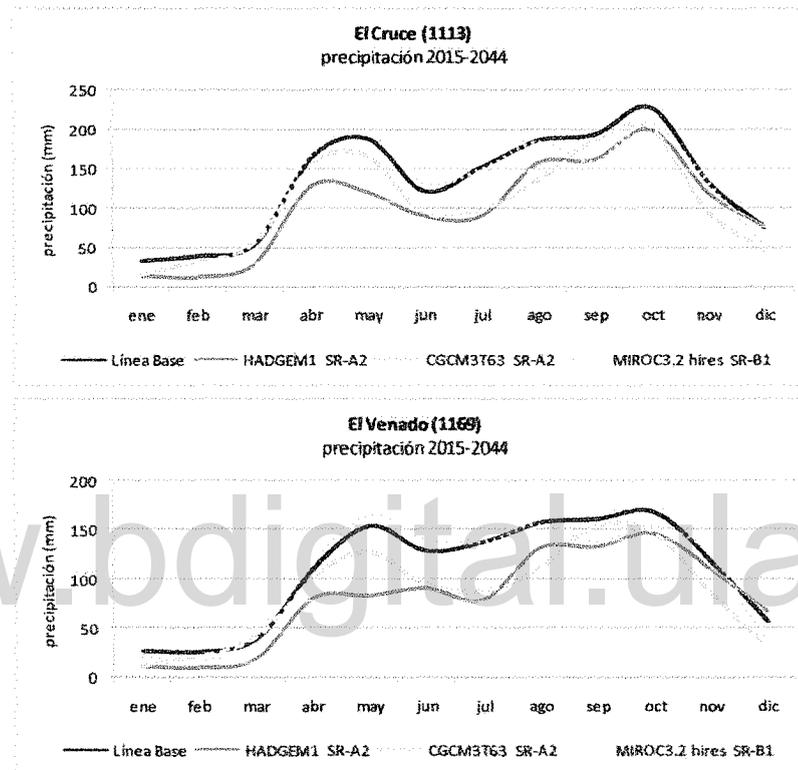


Figura 6.4.- Precipitación mensual promedio 2015-2044 bajo cambio climático en las estaciones locales. Fuente: Propia.

## 6.2.- Evaporación mensual

Los MGCA seleccionados no ofrecen proyecciones de cambio climático para la variable evaporación, solamente para variables de clima como temperatura y radiación solar en algunos casos. Debido a que en la estación El Venado están disponibles datos de temperatura 1961 – 1972 (ver Apéndice 2.4.1), además de los datos de evaporación para la línea base, se procedió a establecer una regresión lineal simple para relacionar ambas variables. El resultado puede verse en la Figura 6.5. La estimación de las proyecciones de evaporación en cambio climático consistió entonces en aplicar una reducción de escala a los datos de temperatura proyectados por los distintos MGCA y luego aplicando la relación de la Figura 6.5 para calcular la evaporación.

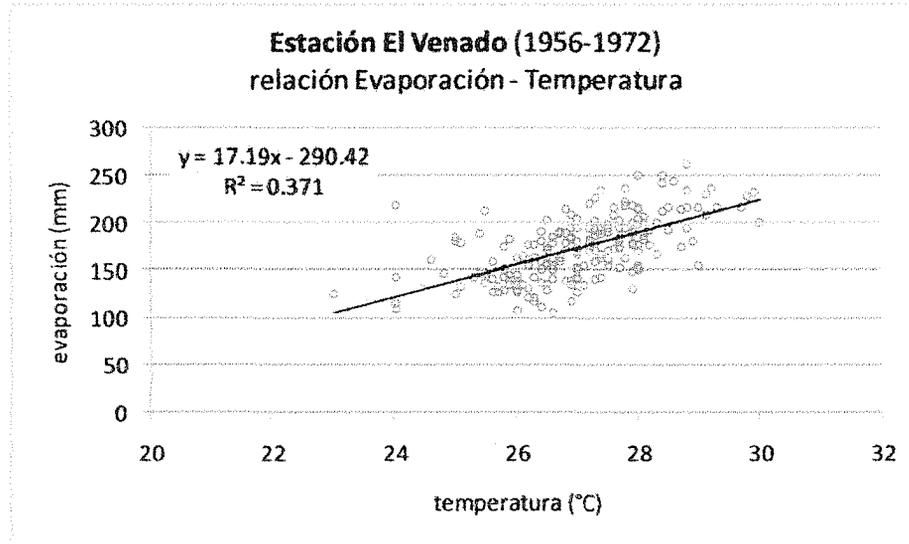


Figura 6.5.- Relación Evaporación-Temperatura en la estación El Venado. Fuente: Propia.

Los datos de temperatura de los MGCA necesarios para la reducción de escala se obtuvieron del CCCSN (ver Apéndice 2.4.2). Debido a que el período común entre estos datos y la estación El Venado es 1961 – 1972), las estimaciones de las ecuaciones estadísticas se sustentaron en este período de 12 años. En la Figura 6.6, se muestran los modelos de regresión polinómicas obtenidos con cada MGCA y los distintos meses del año, así como una ilustración gráfica para el mes de noviembre. Las gráficas de regresión para todos los meses del año y los MGCA se presentan en el Apéndice 2.4.3. Se aprecian coeficientes de determinación  $R^2$  entre 0.85 y 0.99, indicadores de un aceptable ajuste estadístico.

Aplicando los modelos polinómicos a las proyecciones de temperatura de los MGCA 2015 – 2044, se obtuvieron los datos de temperatura en la estación El Venado considerando cambio climático. Los resultados se presentan se forma tabular en el Apéndice 2.4.4, y se ilustran gráficamente en la Figura 6.7, donde se aprecian líneas continuas de la tendencia o tasa de cambio de la temperatura en el futuro cercano. El orden de mayor a menor de los MGCA en el incremento de temperatura resultó: HADGEM1, MIROC3.2 y CGCM3T63.

Aplicando el modelo de regresión de la Figura 6.5 los datos anteriores se convirtieron en evaporación mensual. Los resultados en formato tabular se presentan en el Apéndice 2.5. En formato gráfico los datos se visualizan en la Figura 6.8, se resalta que el modelo HADGEM1 es el que presenta mayores incrementos en la tasa de evaporación.

En efecto, como se muestra en la Figura 6.9, la evaporación anual promedio 2015–2044 es igual a 3114 mm para HADGEM1, mientras que con los modelos MIROC3.2 y CGCM3T63 la evaporación es igual a 2991 mm y 2838 mm respectivamente. No obstante, los tres MGCA presentaron importantes incrementos en la evaporación anual, mayores a 25% en todos los casos.

En la Figura 6.10 se aprecia un significativo incremento de la evaporación por cambio climático en todos los meses, excepto el mes de junio con el modelo HADGEM1, donde se mantiene igual a la línea base.

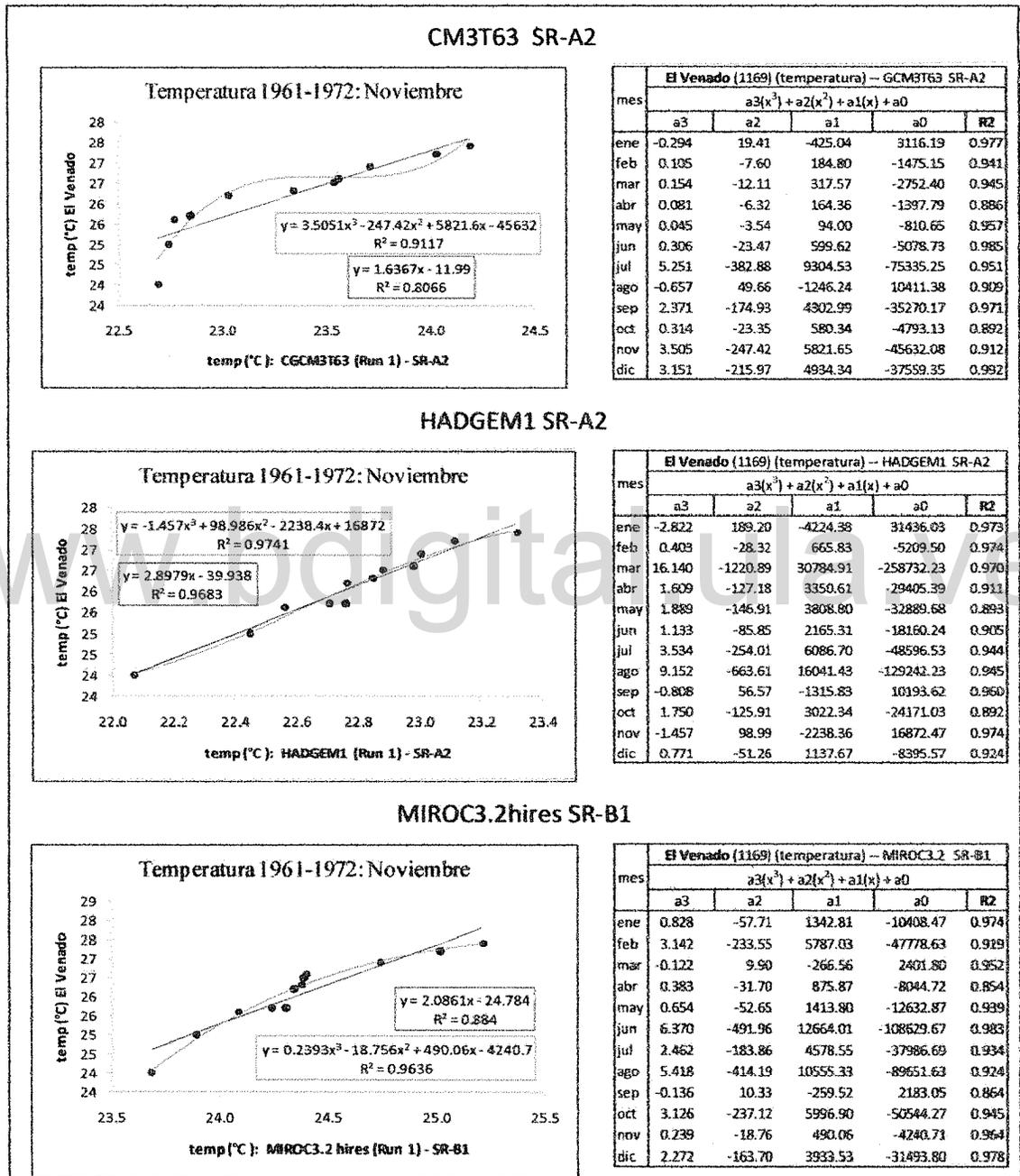


Figura 6.6.- Ecuaciones de regresión para la reducción de escala estadística de la temperatura en cada MGCA. Fuente: Elaboración propia con datos descargados del INAMEH y CCCSN.

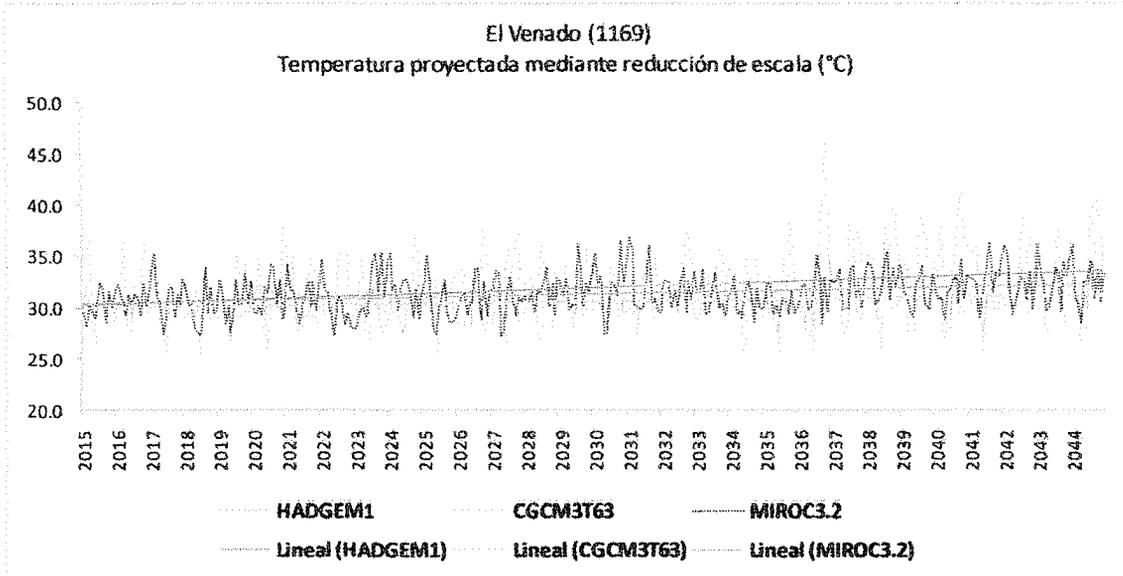


Figura 6.7.- Datos mensuales de temperatura 2015 – 2044 bajo cambio climático. Fuente: Propia.

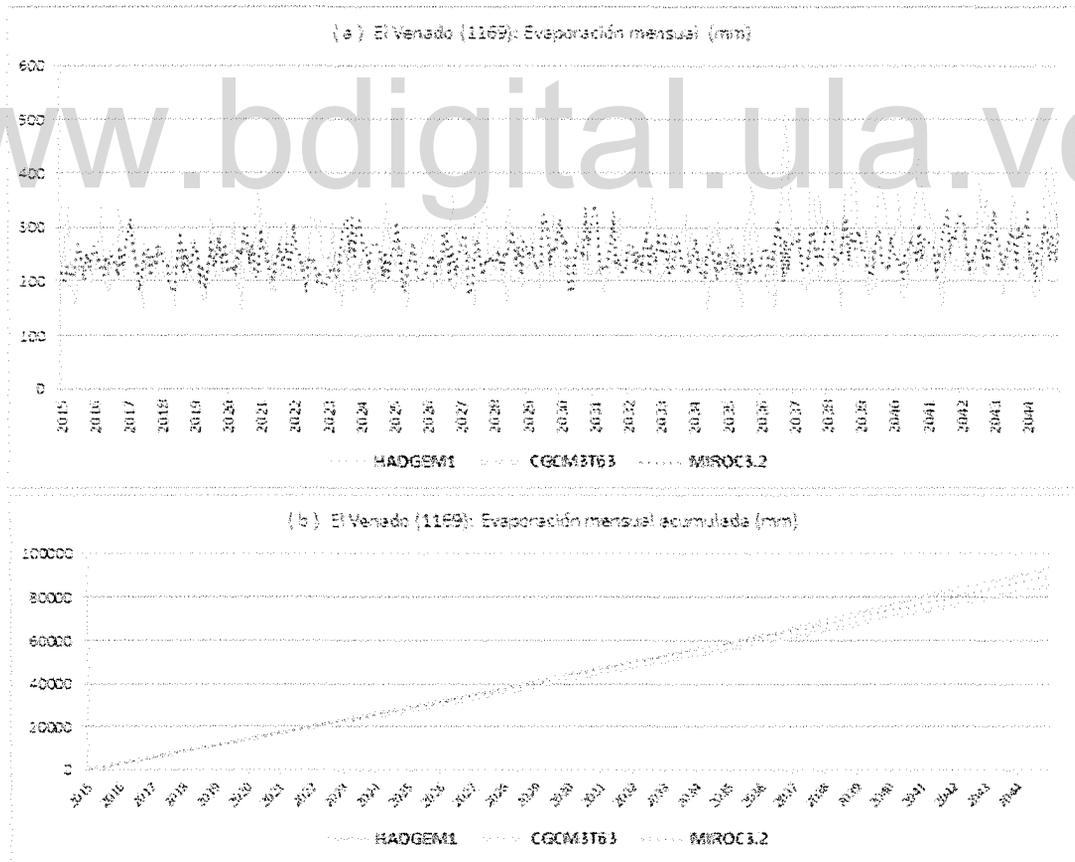


Figura 6.8.- Evaporación bajo cambio climático en la estación El Venado (2015-2044).

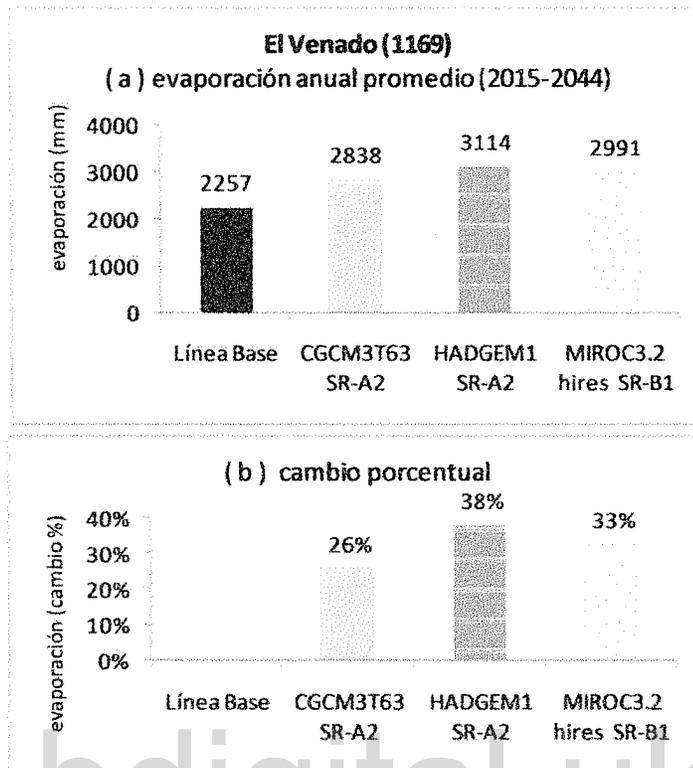


Figura 6.9.- Magnitud y tasa porcentual de cambio de la evaporación anual promedio 2015-2044 bajo cambio climático. Fuente: Propia.

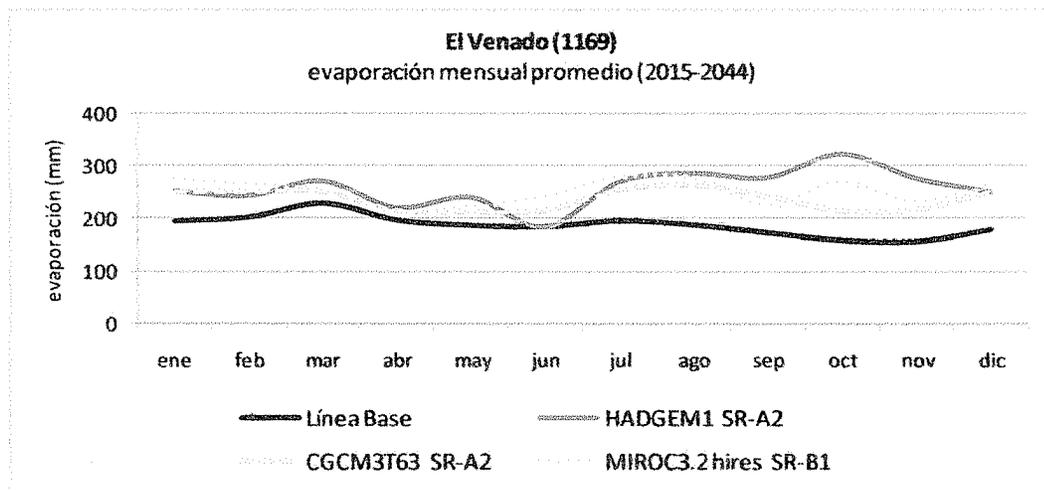


Figura 6.10.- Evaporación mensual promedio 2015-2044 bajo cambio climático. Fuente: Propia.

## CAPÍTULO VII

### PRODUCCIÓN DE AGUA EN LA CUENCA BAJO ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

La producción de agua, bajo escenarios de cambio climático según las proyecciones de los 3 MGCA seleccionados (HADGEM1, CGCM3T63 y MIROC3.2), se obtiene aplicando el modelo SIHIM calibrado en el Capítulo IV y utilizando las nuevas series de tiempo de precipitación y evaporación, período 2015 – 2044, calculadas en el capítulo anterior.

#### 7.1.- Caudales mensuales simulados

Las series de tiempo de los caudales simulados por el modelo SIHIM con cada uno de los MGCA se visualizan en la Figura 7.1 y los datos numéricos periodo 2015-2044 se presentan de manera tabular en el Apéndice 3.1. En las series mensuales se aprecian patrones completamente diferentes, específicamente en las fechas donde se producen picos de escorrentía. Si bien la mayoría de los caudales mensuales de los 3 MGCA son menores a 5 m<sup>3</sup>/s, en algunos meses se produjeron caudales cercanos a 30 m<sup>3</sup>/s. Simplificando la información anterior a caudales medios anuales, se observa en la Figura 7.1 con los modelos HADGEM1 y CGCM3T63, se obtuvieron patrones diferentes de escorrentía pero de similar cuantía e inferiores a los obtenidos por el modelo MIROC3.2 quien produjo una escorrentía significativamente mayor a los dos modelos anteriores.

Evaluando los caudales anuales promedios del periodo 2015-2044 se puede constatar como se muestra en la Figura 7.2 que con el modelo MIROC3.2 se obtuvo un caudal medio de 3.85 m<sup>3</sup>/s el cual es 1.4 y 1.7 veces mayor a los obtenidos con los modelos CGCM3T63 y HADGEM1, respectivamente. En comparación a la línea base (4.86 m<sup>3</sup>/s) los caudales medios debido al cambio climático del río Machango tendrían una reducción de hasta 53% de acuerdo al modelo HADGEM1, y la menor reducción posible sería la calculada con los datos del modelo MIROC3.2, la cual fue de 21%.

Las magnitudes en la reducción de escorrentía debido a cambio climático, señalada previamente, son coherentes con el efecto combinado de los cambios de precipitación y evaporación calculados en el Capítulo VI. La mayor reducción de escorrentía obtenida con el modelo HADGEM1 se debió a que este modelo proyectó la mayor reducción en la lluvia anual (26% en la estación El Venado y 23% en la estación El Cruce) y el mayor incremento de la evaporación anual (38%). Por el contrario la menor reducción de escorrentía obtenida con el modelo MIROC3.2 se corresponde, con el menor impacto de cambio climático en precipitación y evaporación: reducción de precipitación 4% (El Venado) y 5% (El Cruce) v aumento de evaporación 33%.

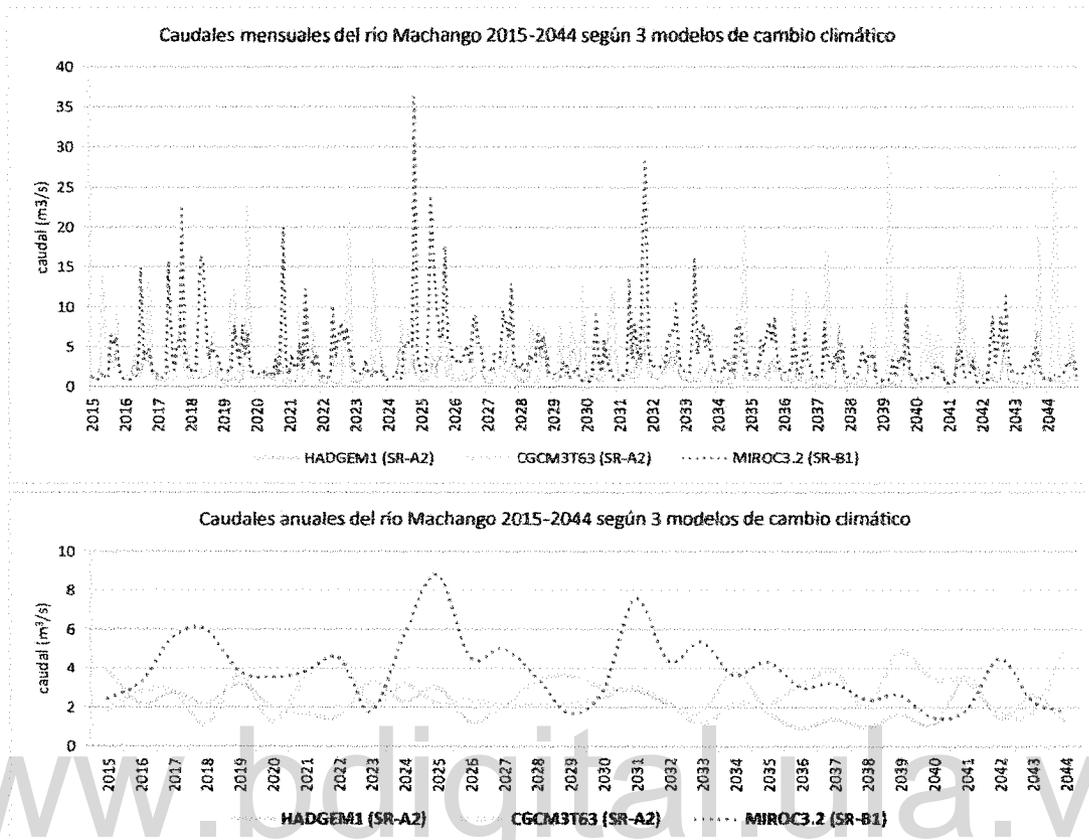


Figura 7.1.- Caudales mensuales y anuales del río Machango 2015-2044. Fuente: Propio.

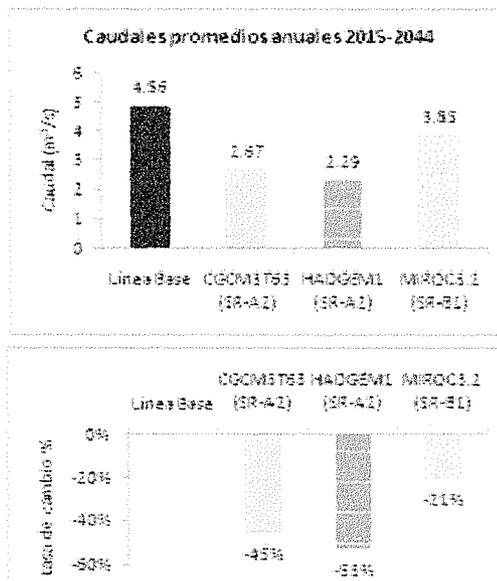


Figura 7.2.- Magnitud y tasa de cambio del caudal del río Machango por efecto de cambio climático. Fuente: Propio.

Analizando los promedios mensuales de la escorrentía simulada bajo efecto de cambio climático (ver Figura 7.3) se obtuvo que el patrón del régimen hídrico no se altera en cuanto a los meses de estiaje y de crecida, pero sí, en cuanto a la magnitud de los caudales en ambas épocas. En época de estiaje los caudales podrían llegar a un valor mínimo en el mes de marzo de  $0.77 \text{ m}^3/\text{s}$  según HADGEM1 (63% de reducción en comparación a la línea base). El menor impacto se correspondería con el modelo MIROC3.2 con el cual el estiaje de marzo sería  $1.40 \text{ m}^3/\text{s}$  (32% de reducción).

También en los meses de crecida se obtuvo una importante reducción de la escorrentía (ver Figura 7.3). Por ejemplo, para el caso del mes de octubre, mes de mayor escorrentía, las reducciones del caudal mensual fueron 28% (MIROC3.2), 39% (CGCM3T63) y 41% (HADGEM1).

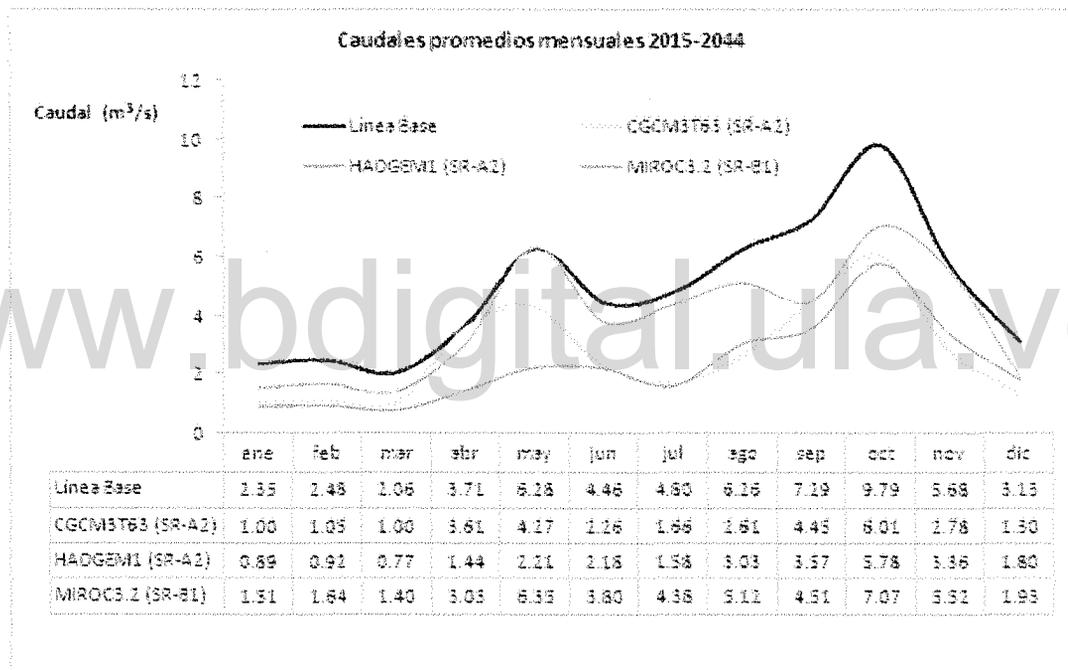


Figura 7.3.- Caudales promedio mensuales del río Machango (2015-2044). Fuente: Propia.

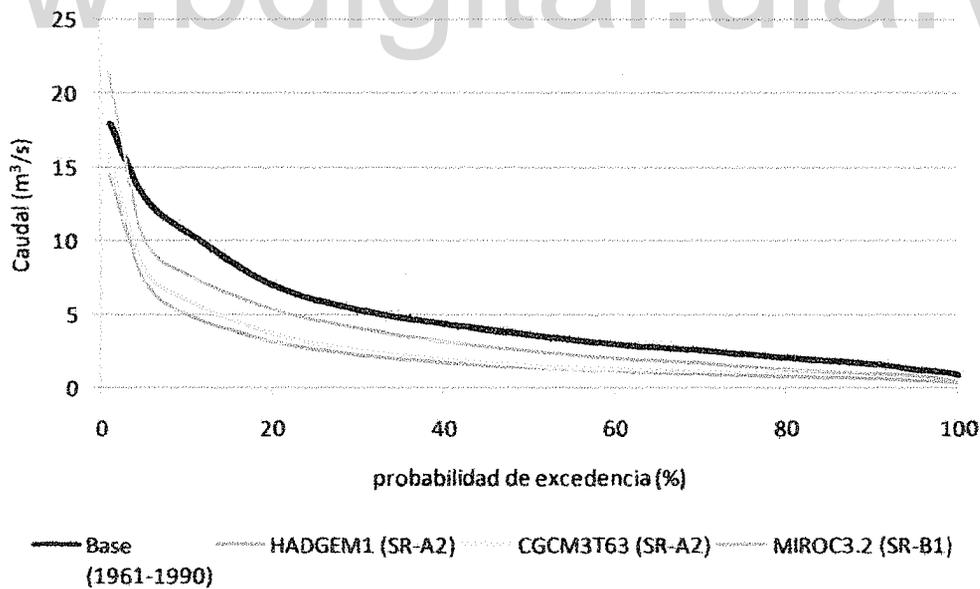
## 7.2.- Curvas de duración de caudales

A partir de un análisis de frecuencia a los datos mensuales de escorrentía 2015-2044 (Apéndice 3.1), se elaboraron las curvas de duración de caudales que se presenta en la Figura 7.4. De donde se desprende que el cambio climático reduce la disponibilidad de caudales para cualquier probabilidad de excedencia que se considere. Así por ejemplo, para 95% de excedencia se tienen reducciones de 67% (HADGEM1), 47% (CGCM3T63) y 29% (MIROC3.2).

Probabilidad de excedencia (%)	Caudales (m <sup>3</sup> /s)			
	Base (1961-1990)	HADGEM1 (SR-A2)	CGCM3T63 (SR-A2)	MIROC3.2 (SR-B1)
1	17.95	14.55	15.77	21.30
5	12.98	7.43	8.32	10.31
10	10.59	4.95	5.95	7.77
20	6.97	3.11	3.65	5.35
30	5.27	2.19	2.54	4.08
40	4.31	1.63	1.89	3.18
50	3.60	1.27	1.45	2.55
60	2.95	1.04	1.20	2.03
70	2.53	0.85	1.05	1.71
80	2.03	0.68	0.92	1.27
90	1.61	0.54	0.78	1.00
95	1.23	0.41	0.65	0.87
99	0.99	0.28	0.44	0.54
100	0.86	0.22	0.37	0.46

( a )

Río Machango: duración de caudales (2015-2044)



( b )

Figura 7.4.- Curvas de duración de caudales del río Machango bajo efecto de cambio climático: (a) formato tabular (b) formato gráfico. Fuente: Propia.

### 7.3.- Curva de variación estacional

Con los resultados del análisis de frecuencia a los datos mensuales de escorrentía 2015-2044, se construyeron curvas de variación estacional de caudales para 70% - 80% (Figura 7.5) y 90% -95% (Figura 7.6) de probabilidad de excedencia. De las cuales se puede observar, como primera consecuencia de cambio climático, que la época de estiaje tiende a ampliarse. Para el periodo de línea base (1961-1990) los meses de estiaje van de diciembre a abril, con un claro repunte del caudal en el mes de mayo. Mientras que para el período 2015-2044, los caudales proyectados con los modelos HADGEM1 y CGCM3T63 indican que la recuperación de escorrentía ya no ocurre, ampliándose la época de estiaje al período que va de diciembre hasta julio/agosto.

Para todas las probabilidades de excedencia indicadas en las Figuras 7.5 y 7.5, es marcada la reducción en los caudales disponibles en todos los meses del año, sobre todo con los modelos HADGEM1 y CGCM3T63. Así por ejemplo, para 95% de probabilidad excedencia y considerando el mes de marzo, que es el de máximo estiaje, se tiene que las reducciones en el caudal son marcadas con los 3 MGCA: 68% (HADGEM1), 50% (CGCM3T63) y 41% (MIROC3.2). En ningún mes del año las reducciones en el caudal resultaron menores a 19%. En efecto, las menores reducciones para un 95% de excedencia, según los 3 MGCA, fueron: 47% (HADGEM1), 36% (CGCM3T63) y 19% (MIROC3.2).

### 7.4.- Impacto parcial por precipitación

Debido a que los impactos por cambio climático en la cuenca del río Machango calculados anteriormente se refieren, como tiene que ser, al efecto conjunto de la disminución de la precipitación y aumento de la evaporación, en el presente estudio se ha querido conocer la influencia individual que tuvo cada factor. En tal sentido, se repitieron las simulaciones con el modelo SIHIM manteniendo la evaporación de la línea base y considerando las precipitaciones proyectadas con cada MGCA. Los resultados se muestran de forma resumida en la Figura 7.7, donde se muestran los caudales medios anuales (2015-2044), tanto para el caso evaluado anteriormente (PRE+EVA) como para el caso con solo precipitación (PRE).

La precipitación tuvo un efecto más importante que la evaporación en la reducción de la escorrentía por efecto del cambio climático, como se desprende en la Figura 7.7. En el caso del impacto según el modelo HADGEM1 la reducción de la escorrentía anual considerando solo precipitación fue de 43%, mientras que cuando se consideró el efecto conjunto de evaporación y precipitación la reducción fue de 53%. En consecuencia se podría inferir que el efecto parcial de la evaporación fue de 10%, lo que quiere decir que, la precipitación tuvo un efecto cuatro meses mayor al de la evaporación en el impacto de la escorrentía.

De manera similar, con el modelo CGCM3T63 la precipitación tuvo un efecto casi 6 veces mayor. Sin embargo, con el modelo MIROC3.2 el impacto fue contrario, la evaporación tuvo un efecto 1.6 veces mayor en la reducción de caudales. Este último caso se explica porque, con el modelo MIROC3.2 se mantiene prácticamente la misma precipitación de la línea base; la reducción en la precipitación anual fue de solo 4% en la estación El Venado y 5% en la estación El Cruce.

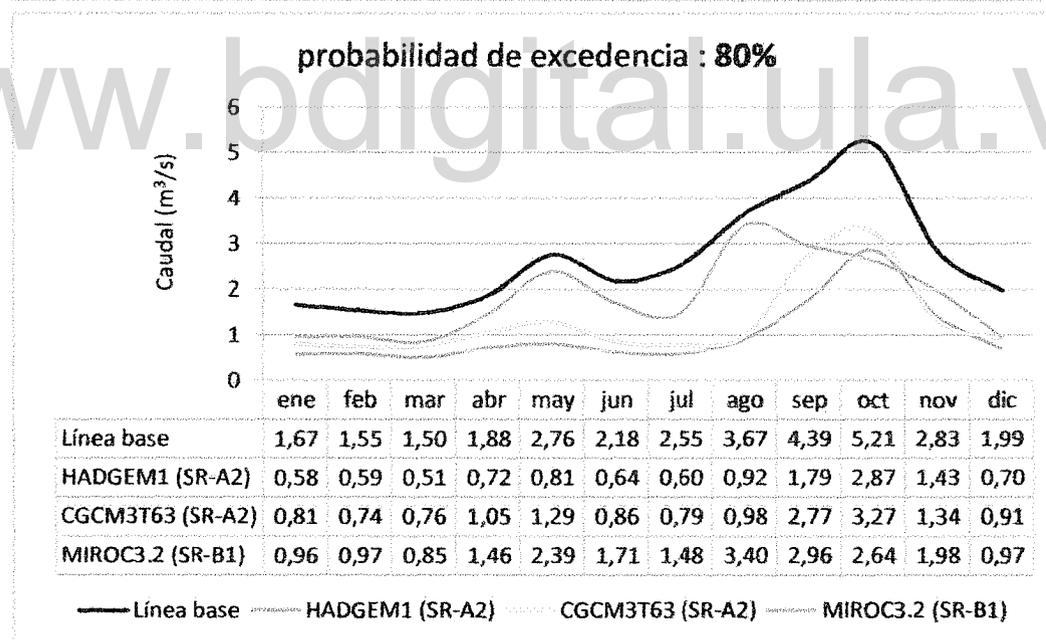
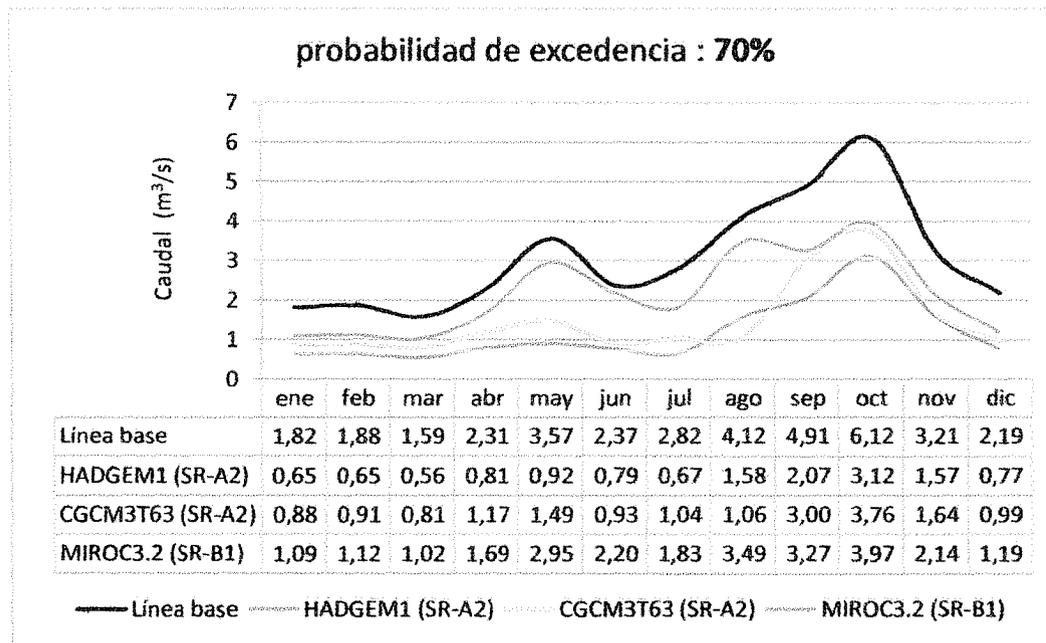


Figura 7.5.- Curva de variación estacional de caudales ( $m^3/s$ ) para probabilidades de excedencia de 70% y 80%. Fuente: Propia.

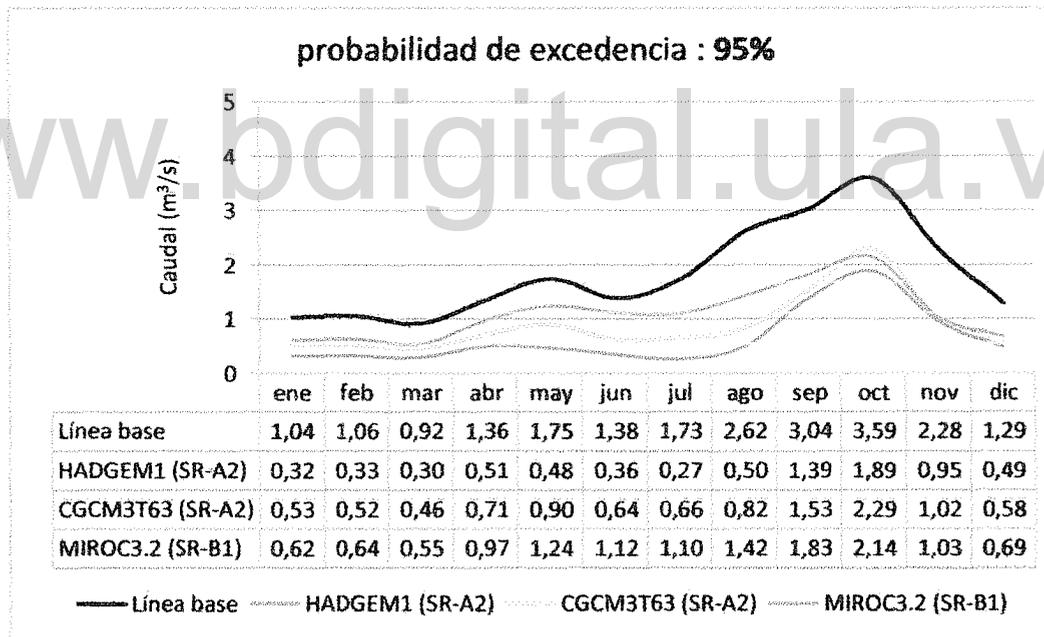
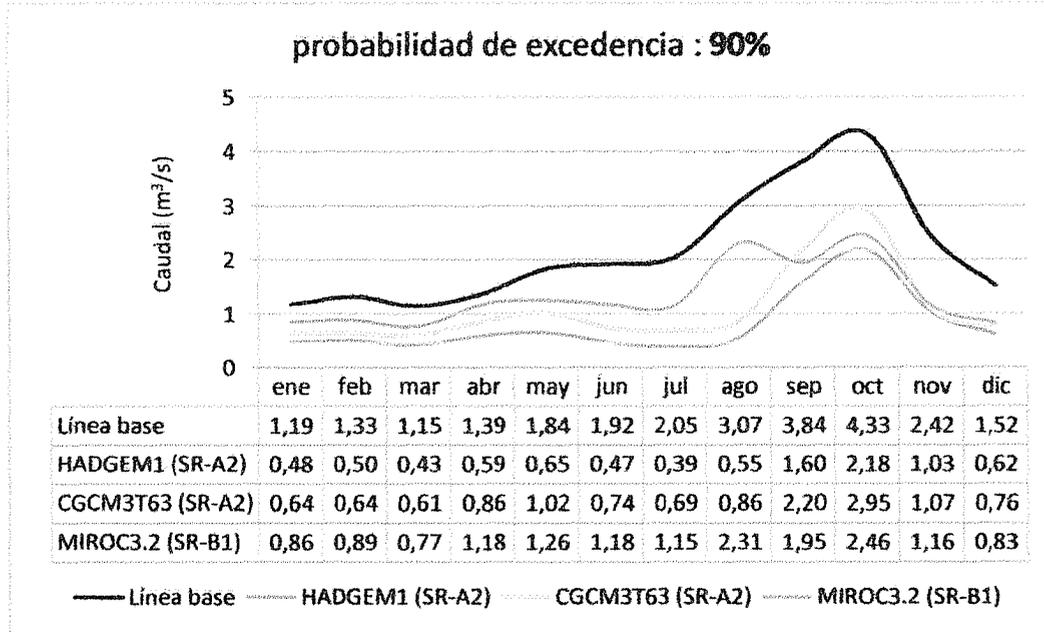


Figura 7.6.- Curva de variación estacional de caudales ( $m^3/s$ ) para probabilidades de excedencia de 90% y 95%. Fuente: Propia.

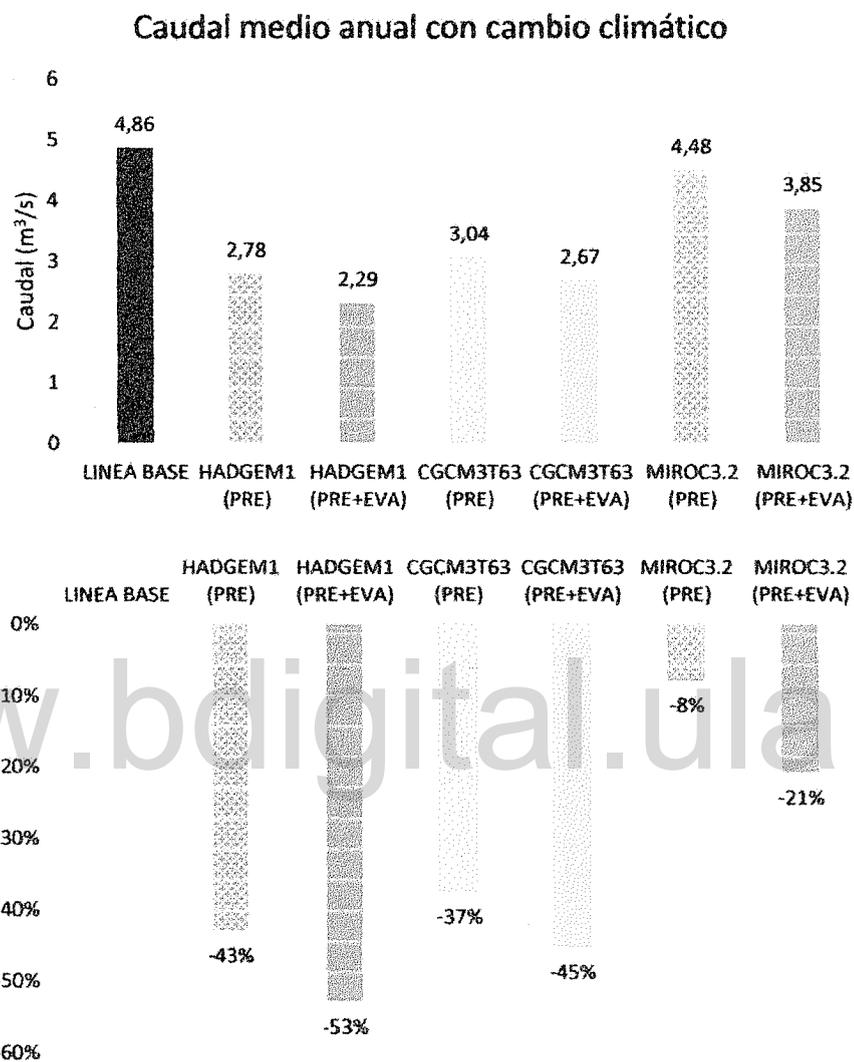


Figura 7.7.- Magnitud y tasa de cambio del caudal del río Machango por efecto de cambio climático. Fuente: Propio.

## CAPÍTULO VIII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

1.- El presente estudio permitió determinar, a pesar de la incertidumbre en cuanto a la magnitud del impacto climático, dada la amplia gama de modelos MGCA (Modelos Generales de Circulación Atmosférica), que en la cuenca del río Machango habrá una reducción significativa en la producción de agua en un futuro cercano (2015-2044).

2.- De la veintena de modelos MGCA correspondiente al AR4 - IPCC 2007, se seleccionaron 8 modelos de acuerdo a la literatura de la región latinoamericana, que combinados con los distintos escenarios de emisión de carbono (SR) dieron un total de 22 combinaciones MGCA-SR. La posterior evaluación de cada una de ellas, arrojó un amplio rango en la magnitud del impacto sobre la precipitación anual de la cuenca. De ahí que se adoptara como estrategia el estudio la selección de 3 modelos MGCA con distintos niveles de impacto en cuanto a la reducción de la precipitación: MIROC3.2 SR-B1 (-3%), CGCM3T63 SR-A2 (-14%) y HADGEM1 SR-A2 (-23%).

3.- El Cálculo de las series de tiempo sobre la precipitación y evaporación en las estaciones locales (El Venado y El Cruce) considerando el cambio climático proyectado por los 3 MGCA seleccionados, resultó rápido y sencillo mediante la metodología de "reducción de escala estadística", usando regresión simple.

4.- De acuerdo a los MGCA seleccionados se proyecta para un futuro cercano distintos niveles de la precipitación anual en la cuenca: desde 1237 mm, según el modelo MIROC3.2, lo que implica un 4% de reducción de la precipitación en comparación a la línea base, hasta 958 mm, según el modelo HADGEM1, con 26% de reducción.

De igual forma se contempla para un futuro cercano un aumento en la evaporación anual de la cuenca: desde 2838 mm con el modelo CGCM3T63 que equivale a un 26% de aumento, hasta 3114 mm según el modelo HADGEM1 equivalente a 38% de aumento.

5.- La simulación hidrológica (modelo SIHM) resultó una herramienta idónea en la determinación del impacto del cambio climático en el régimen hídrico, al permitir de manera rápida y eficiente determinar la escorrentía en una línea base (1961-1990) y en el futuro cercano (2015-2044).

6.- En comparación con el caudal medio del río Machango para el período base ( $4.86 \text{ m}^3/\text{s}$ ) el impacto de cambio climático según los modelos evaluados resultó en una reducción que va desde 21% ( $3.85 \text{ m}^3/\text{s}$ ) según MIROC3T63 hasta 53% ( $2.29 \text{ m}^3/\text{s}$ ) con el modelo HADGEM1.

7.- Considerando el caudal de estiaje del mes de marzo para la línea base,  $0,92 \text{ m}^3/\text{s}$ , las tasas de cambio del caudal esperado, para una probabilidad de excedencia de 95%, debido al cambio climático, mostraron una reducción entre 67% ( $0,30 \text{ m}^3/\text{s}$ ) según el modelo HADGEM1, y 40% ( $0,55 \text{ m}^3/\text{s}$ ) de acuerdo al modelo MIROC3.2.

8.- La reducción del caudal en la cuenca se debió principalmente a la reducción de la precipitación debido al cambio climático, más que a un aumento de la evaporación. Por ejemplo, en el caso del modelo HADGEM1, cuando se consideró solo la reducción de la precipitación, la reducción del caudal anual fue 43%, y cuando conjuntamente se consideraron la reducción de la precipitación y el aumento de la evaporación, la reducción del caudal fue 53%.

9. Si bien, el orden de magnitud de los resultados obtenidos en esta investigación conlleva a conclusiones inequívocas, es importante resaltar que la confiabilidad de los cálculos puede verse restringida por distintas causas: la escasez y calidad de datos hidroclimáticos; desviaciones o errores en la técnica de la reducción de escala; y el hecho de que la evaporación fue derivada a partir de datos de temperatura, y no directamente de datos de proyecciones de los MGCA.

### **Recomendaciones**

1. La significativa reducción del agua producida en la cuenca, debido a efectos del cambio climático, debe ser motivo de estudio y de alerta, tanto para las comunidades que dependen del vital líquido que esta les aporta, como para las instituciones encargadas de planificar y gestionar el abastecimiento a las poblaciones de la Costa Oriental del Lago.

2. Se recomienda que a niveles nacionales y/o regionales las instituciones pertinentes realicen estudios que caractericen la magnitud del impacto climático en espacio y tiempo en cuanto a las proyecciones locales de variables climáticas como la precipitación y evaporación, según los MGCA existentes y modelos regionales de clima específicos para Venezuela.

3.- Se recomienda realizar estudios similares donde se apliquen otros métodos de reducción de escala estadística o dinámica.

4.- Se recomienda mejorar la toma de datos hidroclimáticos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvares, D., Samper, J., & Vera, M. A. (2009). *Evaluación del efecto del cambio climático en los recursos hídricos de la cuenca hidrográfica del Ebro mediante modelos hidrológicos*. Barcelona. España: Universidad de La Coruña.
- Amador, J. A., & Alfaro, E. J. (2007). *Métodos dinámicos y estadísticos de reducción de escala: aplicaciones al clima, variabilidad climática y cambio climático*. Costa Rica: III Congreso Iberoamericano sobre Desarrollo y Ambiente.
- Amador, J., & Alfaro, E. (2009). *Métodos de reducción de escala: aplicaciones al tiempo, clima, variabilidad climática y cambio climático*. Costa Rica: Redibec .
- Bernal, N., Molina, A., Martínez, J., & Pabon, J. (2000). *El método de reducción de escala estadística aplicado a estudios de cambio climático*. Bogotá, D.C. - Colombia: Meteorología Colombia.
- Bates, B., Kundzewicz, Z. W., Wu, S., & Palutikof, J. (2008). *El Cambio Climático y el Agua. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Ginebra: Secretaría del IPCC.
- CORPOZULIA. (2010). *DOSSIER 2010 ESTADO ZULIA*. Estado Zulia.
- Duque C. Roberto y Barrios R. Alex G. (1988). *Modelo de simulación hidrológica a escala mensual. Desarrollo del modelo y programación de computación para la autocalibración de parámetros*. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras (CIDIAT). Mérida, Venezuela.
- Gaceta Oficial N°34605 del 29/11/1990. Plan de ordenamiento y/o reglamento de uso creado mediante Decreto N°1170 del 20/10/1990.
- Gulizia, C., & Camilloni, I. (2013). *Análisis comparativo de la habilidad de un conjunto de modelos climáticos globales correspondientes a los proyectos de intercomparación CMIP3 y CMIP5 para representar la precipitación en Sudamérica*. Buenos Aires, Argentina: Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera.
- Gutierrez, J., Ribalaygua, J., Llasat, C., Romero, R., Abaurrea, J., & Rodríguez, E. (2012). *Escenarios- PNACC 2012 descripción y análisis de los resultados de regionalización estadística*. Cantabria: Universidad de Cantabria.
- INAMEH. (s.f.). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*. Obtenido de <http://www.inameh.gov.ve/>
- IPCC. (2000). *Escenarios de emisiones*. Nairobi - Kenia: Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático.
- IPCC. (2007). *Cambio climático 2007. Informe de Síntesis*. Ginebra. Suiza: Cuarto informe de evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático.

- Jiménez, J. (2011). *Efectos del cambio climático en los recursos hídricos para la generación de energía eléctrica*. Medellín - Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- MPPA. (2010). *Caracterización de la microcuenca La Milagrosa. Estudios básicos de la cuenca del río Machango*. Material inédito de la Dirección Estatal del Poder Popular para el Ambiente (Deppa) Zulia.
- MARN, PNUD, & GEF. (2005). *Primera comunicación nacional en cambio climático de Venezuela*. Caracas: Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y Fondo Mundial para el Medio Ambiente.
- Martelo, I. M. (2004). *Consecuencias Ambientales Generales del Cambio Climático en Venezuela*.
- Medina, E., & Barboza, F. (2006). *Lagunas costeras del Lago de Maracaibo: distribución, estatus y perspectivas de conservación*. ECOTROPICOS, 128-139.
- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. (2005). *Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela*. Caracas: Fondo Mundial para el Medio Ambiente.
- Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. (s.f.). *Embalses de Venezuela*. Obtenido de <http://www.minamb.gob.ve/files/Embalses/Embalses-MinAmb%20II>. Consultado en enero de 2013.
- PALMAVEN. (1998). *Diseño de obras para el control de erosión en Sabana Libre subcuenca La Colorada y estudio del uso de la tierra en las cuencas de los ríos Pueblo Viejo y Machango*. Estado Zulia: Jefe del Proyecto: Ing. For. Raúl Vidal.
- Pisani, V., Samper, J., & Yanmei, L. (2013). *Estimación de los efectos del cambio climático en la recarga de los acuíferos de la Plana de La Galera y del aluvial del Ebro en Tortosa mediante modelos hidrológicos de balance de agua*. España: Univerdad de La Coruña.
- Pizarro, R., Ausensi, P., Aravena, D., & Sanguesa, C. (2011). *Evaluación de métodos hidrológicos para la completación de datos faltantes de precipitación en estaciones pluviográficas de la VII región de Maule, Chile*. Chile: Universidad de Talca.
- Samper, j., Alvares, D., Pisanil, B., & García, M. (2007). *Evaluación del efecto del cambio climático en los recursos hídricos en la cuenca hidrográfica del Ebro, España*. España: Escuela de Caminos, Universidad de Coruña.
- Stehr, A., Debels, P., Arumi, J., Alcayaga, H., & Romero, F. (2008). *Modelación de la respuesta hidrológica al cambio climático: experiencias de dos cuencas de la zona centro - sur de Chile*. Chile: Universidad de Concepción .
- UNESCO - ROSTLAC . (1982). *Guía metodológica para la elaboración del balance hídrico de América del Sur*. Montevideo - Uruguay: Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la Unesco para América Latina y el Caribe.
- Villers, L., & Trejo, I. (1998). *Impacto del cambio climático en los bosque y áreas protegidas de México*. *Interciencia*.

**Apéndice 1**  
**Producción de Agua Línea Base (1961-1990)**

1.1 Archivos E-S, calibración del modelo SIHIM (1977-1982)

1.2 Datos climáticos disponibles (INAMEH)

1.3 Archivos E-S, simulación del modelo SIHIM (1961-1990)

1.4 Curvas de duración y variación estacional de caudales

**Apéndice 1.1**  
**Archivos E-S, calibración del modelo SIHIM (1977-1982)**

*Archivo de Entrada al modelo SIHIM*

Cuenca del río Machango. aUTOCALIBRACION

1	1	1	1	1	1	1						
2	1	1	1977	1982	1	12	72	1	100.0	0.001	20	
602.72												
5	1	2	3	4	5							
75.00	40.00	0.75	0.25	0.00	0.80	80.00	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0												
0												
0.88												
0.12												
1.00												
1.00												
1.00												
El Cruce (1113)												
1977	5	16.8	46.2	110.4	227	45.8	88.6	184.4	135.4	212.4	115.2	10.4
1978	10	11.8	66	161.9	108	137.2	215.4	185.9	216.4	220.2	99.5	103.4
1979	12.7	86.8	116.7	230.8	148.5	149.4	200.5	85.2	316.7	256.8	340.8	108.2
1980	29.3	14.9	0.4	141.6	101.8	48.7	225.1	180.2	263.5	205.1	241.2	77.5
1981	50.3	138.2	63	172.8	289.4	239.2	181.1	200.1	131.1	171	166.8	89.2
1982	51.5	173.9	39.3	200.4	226.7	51.5	121.7	92.7	143.7	246.8	71.4	76.4
El Venado (1169)-Pre												
1977	6.4	41	52	68	225	63.6	105.5	154.8	138.8	95.2	78.9	15
1978	40.6	13.8	57.5	92	135.7	108	186.5	143.1	86.9	176.8	65.9	99.9
1979	0	17.3	84.3	135.7	151.9	178.2	158.2	72.4	177.9	273.5	176	85.8
1980	35.4	21.7	3.6	98	129.8	79.8	233.2	97.9	161.9	146.4	179.8	36.4
1981	46	92.6	42.1	229	260.4	244.7	122.4	89.2	180.9	234.5	154.4	74.6
1982	25.3	56.5	92	98.1	129.8	48.1	144.3	122.6	166.5	262.1	70.8	52.9
El Venado (1169)-Eva												
1977	227.9	183	207.3	237.4	174.9	217	221.9	177.7	170.5	143.8	237.6	261.6
1978	187.9	233.9	265.6	159	261.8	243.9	266.6	282.8	279.1	230.2	248.6	269.5
1979	278	241.9	267.3	260.2	278.1	188.3	246.1	220.9	125.6	109.4	168.4	265.7
1980	253.4	238.9	339.9	239.4	225.3	263.5	192.5	186.1	196.5	120	101.8	194.3
1981	95.7	194.6	225.2	175.2	192.5	169.9	185.6	130.2	167.2	172.9	153.6	173.2
1982	182.2	178.9	201.3	191.7	181.2	192.3	194	188.2	195.7	197.3	184.9	198.7
1977	0.79	0.02	0	0.28	5.45	2.65	1.54	3.84	3.47	6.17	4.85	1.53
1978	0.2	0.15	0.35	5.44	6.12	4.01	4.36	4.35	3.66	5.39	5.86	3.4
1979	1.26	0.18	1.34	5.85	5.32	10.3	4.83	2.86	9.71	16.66	22.75	6.62
1980	3.52	2	0.47	0.88	3.67	1.63	2.81	3.83	5.18	5.6	6.99	4.17
1981	2.55	2.76	3.29	8.79	17.18	12.2	9.41	5.17	6.8	9.17	12.68	6.03
1982	3.49	2.73	1.49	11.03	14.91	2.85	1.52	1.45	2.73	6.5	3.41	2.78
150.00		5.00	10.00	100.00	400.00							
150.00		5.00	10.00	100.00	300.00							
0.70		0.02	0.10	0.70	0.80							
0.25		0.02	0.10	0.01	0.80							
0.70		0.02	0.10	0.01	0.80							

## Archivo de Salida del modelo SIHIM

MODELO DE SIMULACION MENSUAL

SIHIM

Cuenca del río Machango. AUTOCALIBRACION

CALIBRACION

INFORMACION BASICA DE LA CORRIDA

INICIO ENE DE 1977      FINAL DIC DE 1982

NUMERO DE SUBCUENCAS = 1

NUMERO DE EST. DE MED. DE PRECIPITACION = 2

NUMERO DE EST. DE MED. DE EVAPORACION = 1

PARAMETROS PARA CADA SUBCUENCA

SUBC	CINF (mm)	HSN (mm)	CT	PQB	PFSE	PESC
1	360.00	210.00	0.76	0.03	0.04	0.80

ALMACENAMIENTOS INICIALES, FLUJOS AFLUENTES Y SUBCUENCAS TRIBUTARIAS

SUBC	AIHS (mm)	AIAS (mm)	AISUP (mm)	FSUPA (mm)	FSUBA (mm)	AREA PARC. (Km**2)	AREA ACUM. (Km**2)	SUBCUENCAS TRIBUTARIAS									
1	80.0	150.0	0.0	0.0	0.0	602.72	602.72	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
								0									

INFLUENCIA DE CADA EST. DE MED. DE PRECIPITACION

NOMBRE DE LA ESTACION	S U B C U E N C A									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
El Cruce (1113)									0.880	
El Venado (1169)-Pre		0.120								

FACTOR DE AJUSTE DE LA PRECIPITACION

	S U B C U E N C A									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FACPRE	1.000									

INFLUENCIA DE CADA EST. DE MED. DE EVAPORACION

NOMBRE DE LA ESTACION	S U B C U E N C A									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
El Venado (1169)-Eva		1.000								

FACTOR DE AJUSTE DE LA EVAPORACION

	S U B C U E N C A									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FACEVA	1.000									

SUMARIO TOTAL PARA EL PERIODO 1977 - 1982

CALCULOS INTERMEDIOS EN "mm"

SUBC	PRECIP.	EVAP.	ETP	ETR	FSUPA	FSUBA	ESC TOT	ESC DIR	Q BASE	FSUBE	BALANCE
1	9502.53	14913.20	11371.32	7120.49	0.00	0.00	1552.88	869.62	683.26	683.26	0.002

ALMACENAMIENTOS FINALES EN "mm"

SUBC	ALMAC HUM SUELO	ALMAC AGUA SUBT	ALMAC EN SUPERF
1	89.37	286.18	0.35

Apéndice 1-3

ESCORRENTIA TOTAL OBSERVADA EN "mm" = 1544.542  
 ESCORRENTIA TOTAL SIMULADA EN "mm" = 1552.681  
 DIFERENCIA = 0.54 %  
 COEFICIENTE DE CORRELACION LINEAL = 0.830

RESUMEN A NIVEL MENSUAL DE LA VARIABLES HIDROCLIMATICAS

	ESCORRENTIA EN m**3/seg											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Q-OBS	1.97	1.31	1.16	5.38	8.77	5.61	4.08	3.58	5.26	8.25	9.42	4.09
Q-SIM	2.36	2.88	2.15	3.83	6.20	4.28	5.09	4.77	7.39	9.02	7.94	3.34
DIF(%)	19.81	120.11	86.16	28.79	29.39	23.75	24.84	33.20	40.62	9.40	15.72	18.21
	LAMINAS EN "mm"											
PREC.	26.36	69.74	55.26	163.71	182.19	112.98	170.42	149.78	195.26	216.24	166.30	75.51
EVAP.	204.18	211.87	251.10	210.48	218.97	212.48	217.78	197.65	189.10	162.27	182.48	227.17
ETP	155.69	161.55	191.46	160.49	166.96	162.02	166.06	150.71	144.19	123.73	139.14	173.21
ETR	68.24	56.80	60.36	86.20	118.95	112.19	114.69	115.94	118.34	111.25	114.89	108.90

Cuenca del rio Machango. AUTOCALIBRACION PERIODO 1977-1982

PLOTEO DE LOS VALORES DE ESCORRENTIA EN m\*\*3/seg

	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	+OBS	*SIM
ENE	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.79	1.14
FEB	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.02	1.18
MAR	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.00	1.01
ABR	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.28	1.21
MAY	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	5.45	5.50
JUN	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.65	1.19
JUL	+++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.34	1.24
AGO	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	3.84	3.50
SEP	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	3.47	3.14
OCT	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	6.17	5.95
NOV	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	4.85	2.75
DIC	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.53	1.16
ENE	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.20	1.08
FEB	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.15	1.11
MAR	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.35	0.96
ABR	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	5.44	1.91
MAY	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	6.12	1.80
JUN	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4.01	2.29
JUL	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4.36	5.76
AGO	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4.35	5.16
SEP	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.66	6.25
OCT	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5.39	7.41
NOV	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5.85	2.53
DIC	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.40	2.20
ENE	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1.26	1.37
FEB	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.18	1.53
MAR	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.34	1.07
ABR	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	5.85	5.80
MAY	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	5.32	4.00
JUN	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	10.30	3.91
JUL	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.	4.83	5.90
AGO	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.86	2.13
SEP	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	9.71	13.18
OCT	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	16.66	14.27
NOV	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	22.75	19.26
DIC	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	6.62	5.17
ENE	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	3.52	3.36
FEB	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.00	3.31
MAR	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.47	2.88
ABR	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.88	3.08
MAY	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.67	3.11
JUN	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.63	2.54
JUL	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	2.01	6.16
AGO	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	3.83	6.19
SEP	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	5.18	11.04
OCT	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	5.60	8.91
NOV	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	6.99	12.19
DIC	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	4.17	4.37
ENE	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.55	3.59
FEB	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.76	4.80
MAR	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	3.25	3.22
ABR	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	8.79	5.37
MAY	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	17.18	13.89
JUN	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	12.20	12.45
JUL	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.	9.41	7.81
AGO	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.	5.17	8.46
SEP	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.	6.80	6.50
OCT	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.	9.17	7.57
NOV	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.	12.68	7.59
DIC	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.	6.03	4.52
ENE	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.49	3.61
FEB	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.73	5.33
MAR	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1.49	3.18
ABR	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	11.03	5.61
MAY	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	14.91	8.87
JUN	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	2.85	2.28
JUL	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1.52	3.68
AGO	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1.45	3.19
SEP	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	2.73	4.26
OCT	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	6.50	10.04
NOV	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	3.41	3.21
DIC	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	2.78	2.65

## Apéndice 1.2 Datos climáticos disponibles (INAMEH)

### Precipitación. Estación El Cruce (1113)

SERIAL	ESTACION	CODIGO	PARAMETRO	UNIDADES	AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICEMBRE	LATITUD	LONGITUD
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	1968	-	-	-	322,9	104,2	111,3	175,3	90,1	291,5	189,2	105,9	60,3	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	1969	93,4	123	80,6	120,2	169	261,7	94,4	312,8	133,6	172,8	203,2	111,5	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	1970	47,9	49,3	49,7	179	239,1	208,2	269,1	374,8	177,7	232,2	158,7	114,6	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	1971	40,9	24,7	93,3	121,2	294,2	62	121,9	106,4	195	335,7	137,3	34,1	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	1972	42,3	26,9	92,6	257,9	121,4	103,4	80,3	216,6	138,4	146,8	78,6	82,7	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	1973	51,3	20,2	76,8	104,8	88,4	106,2	74,8	271,9	266,3	242,9	264,6	103,2	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	1974	9,8	26,8	33,8	158	143,2	46,2	-	-	-	-	-	-	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	1975	8	63,4	58,2	101,2	256,2	63,4	-	196,2	156,6	280,6	145,8	165,2	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	1976	7,2	39	51,2	152,2	124,2	74,6	191,2	121,6	110,4	131,8	140,4	27,2	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	1977	5	16,8	48,2	110,4	227	45,8	88,6	184,4	135,4	212,4	115,2	10,4	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	1978	10	11,8	66	161,9	108	137,2	215,4	185,9	216,4	220,2	99,5	103,4	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	1979	12,7	86,8	116,7	230,8	148,5	149,4	200,5	85,2	316,7	256,8	340,8	108,2	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	1980	29,3	14,9	0,4	141,8	101,8	48,7	225,1	180,2	263,5	205,1	241,2	77,5	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	1981	50,3	138,2	63	172,8	289,4	239,2	181,1	200,1	131,1	171	166,8	89,2	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	1982	51,5	173,9	39,3	200,4	226,7	51,5	121,7	92,7	143,7	246,8	71,4	76,4	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	1983	49,5	4,5	6,2	269	244,2	282,5	122,5	121	*	506,1**	103,6	62,1	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	1984	43	35,6	80,9	*	290,1**	112,8	204,8	174,8	*	*	508**	59,4	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	1985	0	0	*	60,1**	*	377**	160,7	180,1	162	363,7	*	*	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	1986	*	*	239,9**	304,9	344	59,6	68,4	*	432,7**	295,1	73,3	43,7	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	1987	2,5	3,4	67,3	66,2	*	317,1**	107,7	*	*	*	804,2**	96	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	1988	0	32,1	*	240,9**	83	79,4	*	*	719,6**	*	434,1**	141,3	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	1989	51,6	34,9	*	*	*	*	*	*	*	967,7**	*	141,4**	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	1990	28,9	32,1	24,1	*	249,1**	46,5	140,2	241,2	150,4	131	130	47,7	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	1991	7,7	29,5	177,8	*	470,6**	*	307**	195,5	187,7	132,1	120,7	55,3	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	1992	1,2	15,4	57,7	28,2	136,4	82,5	82,4	276,6	175,6	128,8	233,9	42,1	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	1993	56,4	32,6	14,7	154	267,7	55,9	115,7	142	229,2	169,1	112,2	98,4	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	1994	0	43	74,3	187,8	*	300,6**	*	484,6**	122,6	251,2	144,2	110,6	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	1995	8,1	56,9	143,2	122,3	182,5	154,9	347,5	306,8	178,6	354,2	113,1	115,5	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	1996	147,4	76,4	104,4	186,4	263,5	122,8	100,7	202,4	165,1	182,9	223,4	189	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	1997	54,8	22,4	53,6	152,9	99,4	223,5	114,5	199,8	347,1	153,3	72,7	5,4	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	1998	37,5	61,1	67,6	125	192,5	94,3	148,2	183,5	180,4	204,6	113	254,1	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	1999	17,9	24,4	106,2	220,8	136,2	138	274,4	157,7	152,2	200	171,4	156,7	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	2000	93,9	36,9	43,2	39,3	185,5	131,3	2,2	92	207	153,4	226,2	16	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	2001	0,2	5,2	31,3	162,6	-	-	-	-	-	-	-	-	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	2004	-	-	-	-	226	10,7	156,1	153,4	257,3	-	-	-	10,162	-70,89
1113	EL CRUCE	6000	PRECIPIT	mm	2005	-	53,9	31,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,162	-70,89

Precipitación. Estación El Venado (1169)

SERIAL	ESTACION	CODIGO	PARAMETRO	UNIDADES	AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DECIEMBRE	LATITUD	LONGITUD
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1955	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1956	89	21,3	37,5	51,4	158,1	125,4	246	193,6	217,5	165,6	185,5	117,5	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1957	9,9	27,5	14,2	51,4	247,3	74,5	70,7	47,3	147,1	158	133,1	156,4	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1958	5,6	32	33,7	129	146,4	228,1	164,6	218,7	178,5	178,4	43,3	24,5	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1959	2	0,2	55,2	143,9	132,8	76,7	63,8	136,9	231,5	74,8	128,5	22,7	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1960	46,7	32,5	23,1	137,7	115,1	110,3	113,1	232,7	137,5	124,8	57,1	81	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1961	16	0	14,5	89,8	7,6	194,3	165,1	86,4	166,9	214,5	71,6	69	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1962	66,2	12,3	92	152	133,9	170,3	165,9	162,4	*	267**	55,9	18,6	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1963	44,4	28,1	7,2	117,1	335,6	118,8	99,3	80,5	225,4	225,6	137,2	12,7	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1964	0	0	0,6	153,5	183,1	192,6	133,9	169,4	*	317,6**	101	32,9	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1965	71,9	14,3	4,6	78,6	217,7	18,6	30,2	162,2	132,1	114,7	190,6	45,3	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1966	33,9	2	12,6	86,8	352,1	265,1	151,1	172,8	197,4	352,4	257,1	96,6	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1967	34,1	38	34,7	186,5	104	150,6	281,7	76,2	233	75	169,1	28,5	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1968	6,2	16,7	31,6	240,7	123,1	220,4	156	152,2	202,9	94,1	64,9	28,7	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1969	70,6	30,9	85,9	152,1	136,7	246,7	99,6	231,3	117	212,4	182,1	120,7	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1970	57,2	35,7	119,1	133	137,3	90,5	178,8	187	272,9	113,9	85,4	74,2	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1971	89,1	42,6	47,6	57	251,7	52,8	110,8	209,8	199,2	148,2	92,9	50,6	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1972	27,8	22,1	134,4	234,6	67,5	56,3	76,4	168,5	142,1	-	109,1	84	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1973	28,4	12,6	18,2	13,2	52,4	66,2	57,6	198,4	118,2	115,7	388	230,2	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1974	10,4	37	11,2	99,4	67,5	28,8	-	-	-	-	-	-	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1975	0,6	24,6	36,6	54	51,8	114,8	202,2	112,2	140,8	189,8	91,4	132,4	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1976	9,4	55,2	14,6	66,2	138,4	216,4	189	140,2	206,6	147,4	72,2	37,8	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1977	6,4	41	52	68	226	63,6	105,5	154,8	138,8	95,2	78,9	15	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1978	40,6	13,8	57,5	92	135,7	108	186,5	143,1	86,9	176,8	65,9	99,9	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1979	0	17,3	84,3	135,7	151,9	178,2	158,2	72,4	177,9	273,5	176	85,8	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1980	35,4	21,7	3,6	98	129,8	79,8	233,2	97,9	161,9	146,4	179,8	36,4	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1981	46	92,6	42,1	229	260,4	244,7	122,4	89,2	180,9	234,5	154,4	74,6	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1982	25,3	56,5	92	98,1	129,8	48,1	144,3	122,6	166,5	262,1	70,8	52,9	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1983	9,9	0	4,6	132	238,5	201,2	88,7	157,5	129,4	178,8	66,8	58,6	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1984	12,7	16,7	4,3	71,8	35,9	89,2	185,2	128,8	*	260**	88,6	*	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1985	*	*	*	97,8**	248,4	*	*	*	*	545,5**	-	-	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1986	-	-	-	160,7	185,7	97	66,4	156,8	*	347,4**	70,3	6,4	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1987	1,3	10,4	32,6	92,8	281	70,2	189,1	347,7	119,6	187	90,6	31	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1988	0	48,8	19,1	83,1	113	193,2	121,6	359,5	189,1	129,3	*	*	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1989	272**	51,7	77,9	30	*	181,7**	129,4	*	348,9**	126	72,7	3,5	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1990	19	37,2	31	71	50,6	108,1	171,5	219,7	117,3	253,9	138	23,6	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1991	5,9	41	109,5	72,7	194,8	124,4	120,5	131,7	*	316**	174,9	60,1	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1992	5,9	35,9	32	51,5	154,6	47,6	*	*	403,2**	25	155,6	37,3	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1993	*	106,7**	27,6	*	450,5**	*	149**	98,6	282,4	71,7	*	199,9**	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1994	7	13	13,1	95,5	59,5	124,3	252,1	153	196	99,9	*	173,7**	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1995	3	30,5	126,2	129,1	121,9	122,9	268,4	174,3	130	284,9	78,1	88,9	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1996	42	64,6	39,7	118,4	241,9	93,7	69,8	212,5	171,9	163,3	205,2	130,1	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1997	8,1	34,4	15,4	86,3	97,7	162,3	83,8	96,2	162,4	108,7	95,7	2,4	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1998	12,3	12,8	10,8	156,8	119,2	91,6	127,9	210,9	131,7	185,4	52,6	161,6	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	1999	55,9	61,1	90,7	179,4	112,4	174,4	168,5	85,4	231,9	75,3	125,9	198,1	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	2000	48,8	23,9	25,9	63,9	154,1	151,3	92,5	72,9	148,6	103,6	132,6	8,6	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	2001	5,5	0,1	14,8	89,5	-	-	-	-	-	-	-	-	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	2004	-	-	-	-	223,2	21	-	-	-	-	-	-	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	6000	PRECIFT	mm	2005	-	58,4	22,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,081	-70,93

Evaporación. Estación El Venado (1169)

SERIAL	ESTACION	CODIGO	PARAMETRO	UNIDADES	AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DECIEMBRE	LATITUD	LONGITUD
1169	EL VENADO	7000	EVAP.	mm	1956	143,1	169,6	213,7	182,3	177,6	176,1	218,6	180,4	179,1	140,9	135,3	146	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	7000	EVAP.	mm	1957	203,7	194,2	191,7	198,2	116,9	173,3	227,8	180,9	183,8	154,4	154,7	178,4	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	7000	EVAP.	mm	1958	186	195,1	233,4	229,6	176,1	189,1	223	202,9	194,5	189,1	180,1	185,1	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	7000	EVAP.	mm	1959	200,9	235,9	236,7	244,8	250,5	181,8	214,7	189,1	205,1	174	135,4	172,1	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	7000	EVAP.	mm	1960	216,8	213,7	223	200,4	183,1	170,6	181,2	209,1	159,4	154,5	150,4	132,8	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	7000	EVAP.	mm	1961	218,2	217,4	217,8	218	217,2	206	192,8	192,3	170,4	190,3	104,5	174	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	7000	EVAP.	mm	1962	201,3	250,5	216,6	231,1	131,8	155,6	201,4	181,4	162,6	149,3	142,1	167,4	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	7000	EVAP.	mm	1963	199,2	203,7	263,2	167	135,9	179,5	141,7	194,3	159,9	185,6	159,9	189,7	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	7000	EVAP.	mm	1964	234,2	208,9	244	172,1	177	157,4	163,1	120,1	110,5	128,7	117,3	140,7	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	7000	EVAP.	mm	1965	147,3	183,5	236,8	194,6	130,6	171,1	206,1	183,6	158	136,4	132,5	141,6	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	7000	EVAP.	mm	1966	170,3	217,8	215,5	194,3	219,5	124,7	147,2	178,1	161,1	143,5	115,4	107,9	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	7000	EVAP.	mm	1967	184,4	180,6	189,8	136,8	152	127	135,1	160,4	144,9	138,6	127,1	150,5	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	7000	EVAP.	mm	1968	177,1	179,1	194,5	127,4	120	138,6	151	162,3	144,7	106,5	128,7	150,5	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	7000	EVAP.	mm	1969	150,1	154,6	200,3	142	153,6	160,1	195,1	171	162,9	164,5	121,4	142,2	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	7000	EVAP.	mm	1970	179,4	173,9	220,6	199,9	159,1	159,3	176,3	181,2	163,6	126,3	125	136,8	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	7000	EVAP.	mm	1971	175,7	190,9	214,6	189,3	142,3	195,1	192,9	184,1	154,9	135,3	138,3	170,6	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	7000	EVAP.	mm	1972	163,3	192,7	186,4	139,4	152,7	174,2	209,9	192,7	167,4	154,9	181,8	171,1	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	7000	EVAP.	mm	1973	217,8	218,8	237,7	232,3	213,8	-	-	167,5	157,3	151,3	130	147,6	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	7000	EVAP.	mm	1974	193,7	190,3	216,4	198,5	164,5	208,8	215,8	-	164,7	-	-	-	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	7000	EVAP.	mm	1975	208,7	230	231,8	220,3	216,6	189,7	195,3	185,6	144,1	143,4	130,7	148,1	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	7000	EVAP.	mm	1976	181,8	181,1	275,7	236,5	222	183,3	230	210,9	215,1	173,2	175,3	183,5	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	7000	EVAP.	mm	1977	227,0	182	207,3	237,4	174,9	217	221,9	177,7	170,5	143,8	237,6	261,6	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	7000	EVAP.	mm	1978	187,9	233,9	265,6	159	261,8	243,9	266,6	282,8	279,1	230,2	248,6	269,5	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	7000	EVAP.	mm	1979	278	241,9	267,3	280,2	278,1	188,3	246,1	220,6	125,8	109,4	168,4	265,7	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	7000	EVAP.	mm	1980	253,4	238,9	339,9	239,4	225,3	263,5	192,5	186,1	196,5	120	101,8	194,3	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	7000	EVAP.	mm	1981	95,7	194,6	225,2	175,2	192,5	169,9	185,6	130,2	167,2	172,9	153,6	173,2	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	7000	EVAP.	mm	1982	182,2	178,9	201,3	191,7	181,2	192,3	194	188,2	195,7	197,3	184,9	198,7	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	7000	EVAP.	mm	1983	214,2	222,1	227,6	179,2	182,3	195,6	211,6	214,1	204,7	200,6	196,7	179,7	10,081	-70,93
1169	EL VENADO	7000	EVAP.	mm	1984	200,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,081	-70,93

www.bdigital.ula.ve



1984	12.7	16.7	4.3	71.8	35.9	89.2	185.2	128.8	134.5	125.5	88.6	24.4
1985	9.5	10.4	14.8	38.7	248.4	90.1	102.9	113.7	123.6	115.2	41.2	27.7
1986	6.9	8.5	3.9	160.7	185.7	97.0	66.4	156.8	179.8	167.6	70.3	6.4
1987	1.3	10.4	32.6	92.8	261	70.2	189.1	347.7	119.6	187	90.6	31
1988	0	48.8	19.1	83.1	113	193.2	121.6	359.5	189.1	129.3	152	86.3
1989	33.7	51.7	77.9	30	100.2	81.5	129.4	167.2	181.7	126	72.7	3.5
1990	19	37.2	31	71	50.6	108.1	171.5	219.7	117.3	253.9	138	23.6
El Venado (1169)	--- Evaporacion											
1961	218.2	217.4	217.8	218.0	217.2	206.0	192.8	192.3	170.4	190.3	104.8	174.0
1962	201.3	250.5	216.6	231.1	131.8	155.6	201.4	181.4	162.6	149.3	142.1	167.4
1963	199.2	203.7	263.2	167.0	135.9	179.5	141.7	194.3	159.9	185.6	159.9	188.7
1964	234.2	208.9	244.0	172.1	177.0	157.4	163.1	120.1	110.5	128.7	117.3	140.7
1965	147.3	183.5	236.8	194.6	130.6	171.1	206.1	183.6	158.0	136.4	132.5	141.6
1966	170.3	217.8	215.5	194.3	219.5	124.7	147.2	178.1	161.1	143.5	115.4	107.9
1967	184.4	180.6	189.8	135.8	152.0	127.0	135.1	160.4	144.9	138.6	127.1	150.5
1968	177.1	179.1	194.5	127.4	129.0	138.6	151.0	162.3	144.7	106.5	128.7	150.5
1969	150.1	154.6	200.3	142.0	153.6	160.1	195.1	171.0	162.9	164.5	121.4	142.2
1970	179.4	173.9	220.6	199.9	159.1	159.3	176.3	181.2	163.6	126.3	125.0	136.8
1971	175.7	190.9	214.6	189.3	142.3	195.1	192.9	184.1	154.9	135.3	138.3	170.6
1972	163.3	192.7	186.4	139.4	152.7	174.2	209.9	192.7	167.4	154.9	181.8	171.1
1973	217.8	218.8	237.7	232.3	213.8	181.2	197.7	167.5	157.3	151.3	130.0	147.6
1974	193.7	190.3	216.4	198.5	164.5	208.8	215.8	186.6	164.7	156.1	150.3	173.3
1975	208.7	230.0	231.8	220.3	216.6	189.7	195.3	185.6	144.1	143.4	130.7	148.1
1976	181.8	181.1	275.7	239.5	222.0	183.3	230.0	210.9	215.1	173.2	175.3	183.5
1977	227.9	183.0	207.3	237.4	174.9	217.0	221.9	177.7	170.5	143.8	237.6	261.6
1978	187.9	233.9	265.6	159.0	261.8	243.9	266.6	282.8	279.1	230.2	248.6	269.5
1979	278.0	241.9	267.3	260.2	278.1	188.3	246.1	220.9	125.6	109.4	168.4	265.7
1980	253.4	238.9	339.9	239.4	225.3	263.5	192.5	186.1	196.5	120.0	101.8	194.3
1981	95.7	194.6	225.2	175.2	192.5	169.9	185.6	130.2	167.2	172.9	153.6	173.2
1982	182.2	178.9	201.3	191.7	181.2	192.3	194.0	188.2	195.7	197.3	184.9	198.7
1983	214.2	222.1	227.6	179.2	182.3	195.6	211.6	214.1	204.7	200.6	196.7	179.7
1984	200.1	206.3	218.6	224.0	215.6	204.2	202.7	201.6	192.3	182.4	174.1	197.0
1985	217.4	207.7	247.7	211.6	194.1	174.8	205.4	202.2	205.7	182.4	181.1	177.8
1986	199.1	203.7	235.4	172.2	197.7	194.3	204.2	206.9	185.3	167.0	185.8	201.7
1987	215.2	224.7	242.4	225.6	199.3	231.8	222.3	212.5	188.9	185.4	202.9	201.3
1988	221.8	201.3	233.8	227.3	218.4	190.9	183.7	190.9	196.1	167.8	170.1	206.0
1989	188.3	193.9	214.4	221.2	206.4	193.4	200.1	194.8	197.7	185.2	183.6	196.8
1990	198.5	200.5	204.6	208.0	186.2	188.6	196.1	196.7	183.6	174.6	161.3	180.7

1

www.bdigital.ula.ve

## Archivo de Salida del modelo SIHIM

### MODELO DE SIMULACION MENSUAL

SIHIM

Cuenca del río Machango. Simulación Base (1961-1990)

SIMULACION

#### INFORMACION BASICA DE LA CORRIDA

INICIO ENE DE 1961      FINAL DIC DE 1990

NUMERO DE SUBCUENCAS = 1

NUMERO DE EST. DE MED. DE PRECIPITACION = 2

NUMERO DE EST. DE MED. DE EVAPORACION = 1

#### PARAMETROS PARA CADA SUBCUENCA

SUBC	CINF (mm)	HSN (mm)	CT	PQB	PFSE	PESC
1	360.00	210.00	0.76	0.03	0.04	0.80

#### ALMACENAMIENTOS INICIALES, FLUJOS AFLUENTES Y SUBCUENCAS TRIBUTARIAS

SUBC	AIHS (mm)	AIAS (mm)	AISUP (mm)	FSUPA (mm)	FSUBA (mm)	AREA PARC. (Km**2)	AREA ACUM. (Km**2)	SUBCUENCAS TRIBUTARIAS											
								1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	80.0	150.0	0.0	0.0	0.0	602.72	602.72	0											

#### INFLUENCIA DE CADA EST. DE MED. DE PRECIPITACION

NOMBRE DE LA ESTACION	SUBCUENCA																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10									
El Cruce (1113)	0.880																		
El Venado (1169) ==Pre	0.120																		

#### FACTOR DE AJUSTE DE LA PRECIPITACION

FACEPRE	SUBCUENCA																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10									
1.000																			

#### INFLUENCIA DE CADA EST. DE MED. DE EVAPORACION

NOMBRE DE LA ESTACION	SUBCUENCA																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10									
El Venado (1169) -- Ev	1.000																		

#### FACTOR DE AJUSTE DE LA EVAPORACION

FACEVA	SUBCUENCA																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10									
1.000																			

#### SUMARIO TOTAL PARA EL PERIODO 1961 - 1990

##### CALCULOS INTERMEDIOS EN "mm"

SUBC	PRECIP.	EVAP.	ETP	ETR	FSUPA	FSUBA	ESC TOT	ESC DIR	Q BASE	FSUBE	BALANCE
1	46096.79	67710.61	51460.05	33973.13	0.00	0.00	7649.42	4312.99	3336.42	4448.56	0.000

##### ALMACENAMIENTOS FINALES EN "mm"

SUBC	ALMAC HUM SUELO	ALMAC AGUA SUBT	ALMAC EN SUPERF
1	82.69	172.82	0.16

Apéndice 1-10

MODELO DE SIMULACION MENSUAL

SUBCUENCA NUMERO 1

PERIODO 1961-1990

ESCORRENTIA SIMULADA

m\*\*3/seg

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1961	0.99	1.01	0.86	1.36	1.17	3.08	6.03	4.18	5.67	12.49	2.23	2.20
1962	1.75	1.58	1.48	3.73	5.08	4.72	5.81	6.51	5.15	5.59	2.20	1.90
1963	1.76	1.79	1.50	2.40	13.64	4.29	3.78	4.60	10.87	15.61	4.28	2.71
1964	2.43	2.42	2.12	3.44	6.97	6.17	7.54	8.05	8.24	9.08	4.10	3.32
1965	3.12	2.99	2.52	2.88	7.81	2.63	2.15	4.29	4.75	4.77	4.50	2.43
1966	1.94	1.93	1.63	2.10	13.11	10.58	12.68	8.67	10.17	36.30	11.70	6.22
1967	4.44	4.51	3.80	6.99	6.58	6.05	7.89	6.61	13.46	5.26	5.29	3.67
1968	3.22	3.21	2.82	12.02	4.97	4.69	6.41	3.86	13.28	8.56	4.84	3.45
1969	3.43	4.00	3.03	3.61	5.23	12.15	3.86	14.18	5.90	6.67	9.07	4.94
1970	3.26	3.26	2.75	4.22	8.92	8.40	12.16	21.97	10.02	10.91	7.85	5.66
1971	4.14	4.13	3.63	3.94	13.01	3.91	4.07	3.99	7.25	17.63	6.49	3.45
1972	3.16	3.11	2.89	9.25	4.67	3.57	2.85	6.33	4.98	5.02	3.01	2.53
1973	2.06	2.03	1.77	1.90	1.77	1.95	1.55	8.17	11.69	9.50	15.04	5.10
1974	2.86	2.95	2.49	3.11	3.69	2.23	1.96	2.44	2.99	3.59	2.62	1.67
1975	1.35	1.44	1.23	1.39	5.74	1.67	2.66	4.96	4.43	11.60	5.07	5.29
1976	2.01	2.02	1.77	2.41	2.71	2.11	4.76	3.10	2.75	2.94	3.11	1.23
1977	1.10	1.13	0.97	1.17	5.46	1.15	1.20	3.47	3.09	5.87	2.64	1.05
1978	0.98	1.01	0.88	1.82	1.73	2.22	5.68	5.05	6.11	7.24	2.43	2.01
1979	1.20	1.35	1.53	5.66	3.84	3.74	5.73	1.95	12.98	13.96	18.82	4.69
1980	2.90	2.85	2.48	2.70	2.77	2.20	5.86	5.88	10.68	8.51	11.70	3.86
1981	3.11	4.30	2.80	4.97	13.49	11.96	7.30	7.94	5.95	7.04	7.04	4.00
1982	3.12	4.84	2.75	5.21	8.48	2.86	3.30	2.84	3.92	9.71	2.88	2.32
1983	1.94	1.93	1.63	4.56	10.11	12.99	4.29	3.72	8.44	11.75	3.99	2.73
1984	2.36	2.32	2.09	2.62	3.28	2.80	5.96	5.41	5.42	6.22	4.20	2.11
1985	1.75	1.81	1.52	1.47	4.32	3.90	3.96	4.87	4.57	16.86	3.48	2.15
1986	1.85	1.91	1.61	7.61	18.41	2.94	2.37	5.47	8.58	13.49	3.50	2.54
1987	2.30	2.38	2.02	2.81	4.44	3.23	2.75	6.87	7.31	8.73	5.52	2.85
1988	2.00	2.00	1.78	2.89	2.07	1.98	4.77	11.40	11.60	10.65	7.29	4.79
1989	2.73	2.68	2.27	2.55	3.16	2.43	2.59	3.44	4.10	4.41	2.34	1.54
1990	1.36	1.39	1.17	1.36	1.85	1.14	2.06	7.56	4.23	3.59	3.25	1.36

VOLUMEN ESCURRIDO = 4610.4580 millones de metros cubicos

**Apéndice 1.4**  
**Curvas de duración y variación estacional de caudales**

*Curva de duración de caudales mensuales*

Probabilidad de excedencia	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
0.01	17.9
0.05	13.0
0.1	10.6
0.2	7.0
0.3	5.3
0.4	4.3
0.5	3.6
0.6	2.9
0.7	2.5
0.8	2.0
0.9	1.6
0.95	1.2

*Curva de variación estacional de caudales mensuales (m<sup>3</sup>/s)*

Prob. excedencia	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
0.01	4.4	4.7	3.8	11.2	17.0	12.7	12.5	19.7	13.4	30.9	17.7	6.1
0.05	3.8	4.4	3.4	8.5	13.6	12.1	10.2	12.9	13.1	17.3	13.5	5.5
0.1	3.3	4.1	2.9	7.1	13.1	10.7	7.6	8.9	11.8	15.7	11.7	5.1
0.2	3.1	3.2	2.8	5.0	9.2	6.1	6.1	8.0	10.7	12.7	7.4	4.7
0.3	3.0	3.0	2.5	4.0	7.2	4.4	5.8	6.7	9.0	11.1	5.8	3.7
0.4	2.6	2.5	2.2	3.5	5.6	3.8	5.1	6.1	7.7	9.6	4.9	3.4
0.5	2.2	2.2	1.9	2.9	5.0	3.2	4.2	5.2	6.0	8.6	4.2	2.7
0.6	2.0	2.0	1.7	2.6	4.4	2.8	3.8	4.8	5.6	7.2	3.8	2.5
0.7	1.8	1.9	1.6	2.3	3.6	2.4	2.8	4.1	4.9	6.1	3.2	2.2
0.8	1.7	1.6	1.5	1.9	2.8	2.2	2.5	3.7	4.4	5.2	2.8	2.0
0.9	1.2	1.3	1.2	1.4	1.8	1.9	2.1	3.1	3.8	4.3	2.4	1.5
0.95	1.0	1.1	0.9	1.4	1.7	1.4	1.7	2.6	3.0	3.6	2.3	1.3

## Apéndice 2

# PRECIPITACIÓN Y EVAPORACIÓN CONSIDERANDO CAMBIO CLIMÁTICO

2.1 Datos de precipitación de los MGCA

2.2 Regresión MGCA y estaciones locales

2.3 Resultados de la reducción de escala: Precipitación en las estaciones locales 2015 - 2044

2.4 Temperatura

2.4.1 Datos de temperatura en la estación El Venado (1961 – 1972)

2.4.2 Datos de temperatura de los MGCA (1961 – 2044)

2.4.3 Regresiones MGCA y estación El Venado

2.4.4 Resultados de la reducción de escala: Temperatura en la estación El Venado 2015 – 2044

2.5 Evaporación en la estación El Venado 2015 - 2044

**Apéndice 2.1**  
**Datos de precipitación de los MGCA**

*AR4 (2007) - HADGEM1 (Run 1) - SR-A2 (mm/mes)*

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
1961	7,5	2,2	7,1	74,1	178,3	309,8	160,7	133,2	211,3	108,7	114,2	24,7	1331,9
1962	0,9	3,1	0,1	2,3	151,2	172,8	105,4	239,0	156,7	127,7	46,3	4,6	1010,0
1963	1,6	2,0	0,6	65,0	124,0	264,1	216,1	278,1	136,8	131,0	75,8	2,4	1297,7
1964	0,3	0,3	4,2	37,4	154,9	127,7	102,1	224,3	211,9	130,7	61,1	47,8	1102,6
1965	0,2	0,1	0,3	16,9	60,1	153,4	94,8	146,6	158,9	179,2	81,4	1,0	893,0
1966	1,0	1,8	0,5	34,5	23,4	7,6	226,6	169,4	267,4	171,3	62,2	4,0	969,7
1967	0,5	1,4	1,1	7,6	102,1	185,5	110,0	71,3	170,7	183,4	118,7	22,7	975,0
1968	0,1	40,5	5,5	26,5	61,7	344,2	234,8	185,3	139,8	97,0	5,2	4,0	1144,7
1969	0,6	2,3	6,2	31,2	89,5	234,1	138,7	195,6	206,8	165,0	82,7	8,1	1160,9
1970	0,1	1,7	1,0	12,3	97,3	247,3	236,0	214,9	149,1	128,8	28,9	0,6	1118,1
1971	0,4	0,1	3,4	41,9	180,9	88,4	159,5	175,4	148,8	132,3	63,8	7,1	1002,0
1972	14,0	31,5	0,4	24,2	80,2	125,7	135,9	195,8	252,6	135,5	86,8	3,3	1086,1
1973	5,4	0,3	4,5	0,1	45,3	180,0	141,3	145,5	83,6	123,2	44,3	2,7	776,2
1974	4,5	2,0	7,8	4,2	69,1	39,6	76,8	106,5	222,9	178,4	70,4	17,6	799,9
1975	0,5	0,9	0,3	2,4	26,4	74,3	94,4	132,8	172,4	167,0	60,1	14,6	746,1
1976	0,3	0,2	0,5	150,7	126,2	161,3	167,1	178,7	144,9	100,5	75,9	5,4	1111,7
1977	11,3	0,1	18,7	39,9	53,1	120,7	148,8	166,6	129,3	162,0	91,2	0,1	941,7
1978	1,9	0,8	1,8	37,3	134,3	268,7	150,4	146,7	148,8	135,4	63,1	5,0	1094,2
1979	0,4	0,1	0,1	11,5	125,7	85,9	161,7	164,6	202,2	103,9	18,1	8,5	882,8
1980	1,9	0,1	0,3	41,9	118,7	210,3	226,1	158,4	133,2	138,5	78,6	5,3	1113,4
1981	0,5	3,0	13,5	0,4	193,8	152,8	80,9	150,7	112,4	53,9	122,6	0,4	884,8
1982	0,1	0,3	1,4	0,6	141,8	179,1	145,1	161,8	137,5	103,3	85,9	13,8	970,7
1983	7,0	0,8	13,9	71,7	38,0	119,2	171,3	166,8	165,5	113,5	26,3	30,8	924,9
1984	11,5	1,4	5,8	4,2	78,2	140,3	317,2	231,7	118,8	79,2	59,5	6,5	1054,2
1985	33,3	0,4	0,3	0,6	40,4	142,4	255,2	159,2	136,4	107,2	24,7	13,8	913,8
1986	5,4	2,3	17,6	23,9	143,3	116,5	143,0	166,2	125,4	153,4	88,8	6,8	992,6
1987	0,3	0,3	0,3	58,3	22,7	76,7	175,4	147,7	192,4	183,8	65,0	23,5	946,3
1988	1,0	0,1	0,3	28,8	56,4	94,8	96,1	255,4	144,6	150,4	20,7	2,7	851,4
1989	0,6	0,6	0,6	49,6	133,0	112,0	162,1	174,7	144,8	85,5	78,8	12,4	954,8
1990	0,5	0,1	0,2	10,4	44,5	29,8	99,8	156,8	101,0	209,5	98,6	3,4	754,6
1991	0,8	0,6	0,5	28,9	42,4	138,2	75,4	182,5	210,8	141,8	62,7	1,4	885,8
1992	0,9	0,4	0,0	28,0	43,6	10,5	45,2	140,7	192,2	240,3	72,1	0,4	774,3
1993	0,1	0,0	0,0	3,3	5,8	90,8	39,4	179,9	138,6	173,5	32,1	0,5	664,0
1994	1,4	0,1	0,7	56,8	30,5	70,8	66,7	97,5	124,4	195,4	54,8	9,3	708,3
1995	0,1	0,1	0,6	1,4	48,2	129,6	98,8	172,6	210,2	117,6	38,1	0,3	817,7
1996	10,7	0,4	0,2	2,0	50,5	59,5	88,8	128,3	124,8	162,0	32,2	2,0	661,4
1997	0,1	0,3	4,9	37,1	29,7	131,8	194,4	241,7	123,1	144,9	88,3	1,7	998,0
1998	0,1	13,0	0,3	9,3	221,5	100,3	156,8	118,3	96,8	148,9	5,9	0,1	871,4

Apéndice 2-2

AR4 (2007) - HADGEM1 (Run 1) - SR-A2 (mm/mes)

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
1999	0,7	0,2	0,7	156,7	237,1	277,3	286,6	162,5	129,7	151,2	3,9	0,5	1406,9
2000	0,1	0,1	4,4	0,6	34,7	136,7	113,4	165,6	114,9	123,1	3,9	0,9	698,5
2001	0,1	0,3	9,5	39,1	97,1	136,0	94,6	157,5	116,1	101,3	99,8	0,5	851,9
2002	0,8	9,1	0,0	15,1	10,1	107,2	242,8	182,1	180,5	125,9	67,9	0,2	941,6
2003	0,2	0,1	2,6	32,5	31,2	175,3	141,1	168,5	138,0	169,1	5,9	0,1	864,6
2004	0,2	0,2	0,3	3,6	19,6	96,7	133,7	186,3	131,7	69,8	37,9	0,7	680,8
2005	0,0	0,0	0,0	9,4	54,9	74,6	92,1	76,6	136,5	137,5	56,8	40,2	678,6
2006	0,1	0,0	0,0	1,2	21,4	90,8	108,2	210,7	141,9	120,8	68,8	32,3	796,4
2007	3,4	0,1	3,9	0,9	104,1	189,5	146,4	206,5	137,4	86,3	67,2	1,7	947,3
2008	0,2	0,1	3,9	0,7	93,8	148,1	134,0	157,3	188,6	134,0	108,0	0,6	969,2
2009	0,1	0,9	9,6	23,3	49,0	255,7	126,7	196,8	153,0	97,3	99,1	18,2	1029,7
2010	0,2	16,9	0,1	74,9	32,9	220,5	141,0	160,2	156,4	90,4	99,5	18,3	1011,4
2011	1,5	0,6	13,8	1,8	112,3	134,5	112,3	168,0	157,7	211,2	82,2	0,5	996,4
2012	0,7	8,9	0,0	1,3	81,0	212,2	164,6	140,9	152,5	101,8	25,5	9,5	898,9
2013	0,5	0,0	0,5	101,5	126,8	282,6	228,6	140,3	109,2	86,1	15,7	35,4	1127,4
2014	3,1	0,5	0,8	17,6	117,8	136,2	148,0	142,9	167,5	67,5	79,4	43,6	924,9
2015	0,0	0,0	14,9	39,6	187,3	186,5	124,4	148,7	111,9	162,0	33,1	0,3	1008,8
2016	0,0	0,0	7,9	30,9	74,1	73,3	129,1	182,0	124,8	96,6	52,7	4,5	776,1
2017	0,1	0,0	0,2	0,5	91,0	120,1	55,9	227,9	161,4	105,0	98,5	48,2	908,7
2018	1,2	0,2	0,2	0,6	78,6	59,8	92,1	162,5	182,1	120,2	67,5	0,4	765,4
2019	0,4	0,1	0,0	7,0	24,4	10,6	68,7	130,1	171,0	197,8	56,9	10,6	677,8
2020	0,1	0,3	0,3	0,8	60,1	74,0	100,2	151,2	179,9	78,7	53,6	41,1	740,2
2021	0,2	0,0	0,3	4,7	52,6	16,3	149,7	142,8	92,5	155,8	69,6	0,3	684,8
2022	0,0	0,1	0,0	20,7	11,5	14,1	74,4	87,4	191,7	130,5	85,1	0,2	615,6
2023	0,2	0,1	0,0	33,0	64,3	124,3	129,7	274,2	130,2	148,3	58,3	5,0	967,7
2024	0,2	0,1	0,0	5,6	103,5	270,8	92,8	93,7	98,2	124,3	48,3	9,1	846,5
2025	0,3	0,9	7,1	7,8	89,9	186,2	112,1	188,3	180,8	128,9	99,5	1,1	1002,9
2026	0,0	0,4	2,9	0,0	18,5	112,8	81,6	134,2	101,7	77,7	83,1	1,9	614,8
2027	0,1	0,0	0,0	50,6	67,5	166,9	152,9	163,3	85,4	105,0	91,2	15,3	898,4
2028	0,2	0,0	0,0	0,9	177,4	226,8	148,6	204,7	102,5	126,4	9,9	19,3	1016,6
2029	2,0	0,1	0,7	89,0	35,0	72,0	136,6	182,2	151,8	85,7	40,1	96,3	891,4
2030	1,4	0,1	0,0	1,2	6,3	25,4	71,3	161,2	111,0	166,4	126,2	32,2	702,9
2031	1,7	0,2	0,2	14,9	53,0	35,0	174,2	186,6	86,5	124,9	112,6	20,0	809,8
2032	25,0	0,4	0,5	8,9	110,2	87,7	172,3	167,8	90,2	127,5	21,6	7,3	819,2
2033	0,2	0,2	0,0	1,8	26,9	53,7	195,5	116,6	107,7	110,3	113,8	1,9	728,6
2034	0,1	0,1	1,4	0,4	73,0	213,6	87,4	136,8	156,0	165,1	142,8	0,5	977,3
2035	0,2	0,2	7,1	17,9	11,0	120,4	106,3	158,4	137,5	64,9	75,6	1,1	700,6
2036	0,3	0,3	0,2	0,1	34,4	181,6	87,0	145,5	49,9	63,0	58,3	1,1	621,7
2037	0,0	0,0	0,3	12,1	19,2	5,4	40,2	134,2	220,3	104,7	51,5	2,3	590,4
2038	0,0	0,1	0,0	0,2	34,1	89,5	31,3	199,0	104,8	106,7	16,4	0,2	582,3

Apéndice 2-3

AR4 (2007) - HADGEMI (Run 1) - SR-A2 (mm/mes)

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
2039	0,1	0,1	1,6	0,1	40,9	22,5	58,9	118,5	154,3	174,5	46,3	0,3	618,2
2040	0,1	0,1	0,0	25,9	46,8	145,9	86,3	156,5	86,2	98,9	70,6	9,1	726,5
2041	0,5	0,1	5,6	65,0	63,1	381,5	172,9	136,1	111,8	126,1	31,8	40,0	1134,7
2042	0,6	25,4	0,4	3,3	21,9	56,5	33,4	74,1	185,8	92,0	29,9	3,5	526,9
2043	0,0	0,0	0,1	0,1	7,2	56,5	75,5	101,6	204,8	188,5	7,5	11,6	653,6
2044	0,1	0,0	0,0	0,0	0,5	0,7	54,4	79,0	153,1	131,7	29,0	0,2	448,7
2045	0,0	0,0	0,0	36,7	37,5	63,6	58,2	181,1	138,3	124,9	70,7	1,5	712,5
2046	0,1	0,1	0,1	2,1	0,6	50,4	51,7	103,3	169,7	192,8	73,9	8,1	652,8
2047	0,4	1,2	0,0	0,3	0,5	11,0	55,2	78,2	114,9	89,7	49,1	0,2	400,7
2048	0,1	0,0	0,2	0,8	0,2	11,0	52,1	52,4	176,2	64,5	121,3	0,1	479,0
2049	0,1	0,1	0,0	4,0	52,1	79,7	75,2	54,5	50,3	166,0	4,5	0,1	486,6
2050	0,3	0,0	0,0	0,2	30,1	131,3	63,5	115,6	125,0	86,9	25,8	1,5	580,3
2051	0,1	0,4	0,0	10,0	5,6	0,2	31,7	94,3	118,7	78,0	43,2	1,3	383,5
2052	0,0	0,0	1,7	0,0	15,2	148,6	131,0	126,7	88,8	85,2	39,7	30,4	667,3
2053	0,2	0,8	15,0	2,9	54,5	275,6	102,9	84,2	95,6	79,9	17,0	1,8	730,5
2054	0,0	0,1	0,7	23,0	49,9	222,0	79,8	134,0	109,2	77,2	51,9	19,7	767,5
2055	4,3	0,2	0,0	0,5	26,2	0,1	9,8	151,2	177,9	171,5	41,0	24,2	606,9
2056	0,3	0,2	0,0	0,1	58,4	60,8	45,1	229,0	121,2	121,6	65,2	0,1	701,8
2057	0,0	0,0	0,2	0,0	30,1	0,2	73,6	114,8	113,5	161,0	28,0	0,6	522,2
2058	0,0	0,0	0,2	0,4	9,5	0,2	66,1	39,1	121,4	121,3	96,6	0,5	455,4
2059	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	7,0	19,6	155,3	143,8	97,1	52,2	0,2	475,4
2060	0,0	0,0	0,0	0,8	4,7	29,0	61,5	34,7	93,0	247,5	13,1	0,1	484,5
2061	0,6	0,1	0,0	77,4	25,8	22,3	57,7	67,0	98,5	174,7	39,5	7,2	571,0
2062	0,0	0,0	0,1	2,8	0,8	7,2	79,2	111,1	244,4	177,6	30,1	18,4	671,7
2063	0,1	0,0	0,2	15,7	33,5	104,2	16,9	110,8	156,7	115,5	5,4	0,1	559,0
2064	0,0	0,0	2,1	10,5	2,4	81,6	78,8	112,1	158,5	127,6	21,4	1,8	596,9
2065	0,2	0,0	0,2	0,0	12,7	57,2	48,7	77,5	165,7	150,7	42,1	0,5	555,4
2066	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,7	62,1	81,2	147,4	151,3	68,9	1,8	513,6
2067	0,4	0,1	0,0	0,2	17,2	8,6	54,1	135,4	107,4	144,4	26,7	0,4	494,9
2068	0,0	0,3	0,0	0,1	33,1	77,6	30,2	145,9	74,2	99,6	14,2	0,1	475,3
2069	0,0	0,0	0,0	0,0	57,2	2,4	49,8	92,2	90,4	109,7	100,1	0,1	502,0
2070	0,0	0,1	0,0	34,0	8,5	0,1	14,6	81,1	96,2	136,1	104,2	0,3	475,3
2071	0,0	0,0	0,0	0,8	6,2	1,0	14,9	88,4	96,2	178,0	9,7	0,3	395,5
2072	0,0	0,0	0,0	0,0	12,4	0,0	1,6	25,1	85,8	179,4	71,7	0,1	376,3
2073	0,2	0,0	0,0	0,1	5,0	107,5	116,2	71,4	50,5	52,3	20,3	5,9	429,4
2074	0,1	0,0	23,3	0,0	41,0	60,3	87,5	127,2	64,3	123,3	35,4	11,0	573,5
2075	0,1	0,3	0,1	1,8	46,4	112,5	81,2	44,3	84,3	63,0	23,6	6,7	464,3
2076	0,1	0,1	1,1	0,1	2,4	0,4	44,2	95,0	96,9	188,1	139,8	0,4	568,5
2077	0,3	0,2	0,0	0,3	0,0	0,2	23,2	114,8	107,2	93,4	76,6	0,7	416,9
2078	0,1	0,1	0,4	0,0	5,6	48,4	73,0	36,7	109,4	97,8	53,9	0,2	425,5

Apéndice 2-4

*AR4 (2007) - HADGEMI (Run 1) - SR-A2 (mm/mes)*

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
2079	0,1	0,0	0,1	0,0	1,9	20,8	3,6	60,9	67,5	98,6	2,4	0,1	256,0
2080	0,2	0,0	0,0	8,3	0,3	40,0	57,0	74,1	108,4	91,5	96,3	1,0	477,2
2081	6,2	0,1	0,7	0,8	9,8	10,0	35,8	101,1	93,0	69,5	44,7	0,2	371,9
2082	0,2	0,5	0,2	0,7	7,5	104,4	101,8	121,9	34,6	80,2	55,9	3,7	511,7
2083	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	18,4	58,8	89,1	123,9	152,8	17,8	0,2	461,4
2084	0,0	0,0	0,0	0,4	0,6	98,7	104,7	73,8	72,9	104,8	58,9	0,5	515,5
2085	0,1	0,0	0,0	0,3	0,8	0,2	40,1	103,5	106,3	163,1	92,4	0,3	507,2
2086	0,1	0,2	0,0	0,8	51,0	7,9	90,6	72,6	118,9	71,6	29,8	0,0	443,5
2087	0,1	0,0	0,3	0,0	0,4	0,3	57,5	105,7	77,6	97,0	57,9	0,0	396,7
2088	0,0	0,3	0,1	0,0	3,5	5,6	58,7	22,6	38,3	73,7	0,5	0,2	203,6
2089	0,5	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	30,2	68,2	103,1	157,3	11,4	2,3	373,1
2090	0,0	0,0	0,1	0,2	53,2	34,1	77,3	28,3	93,6	84,8	22,9	0,5	395,1
2091	0,0	0,1	0,0	0,0	4,0	0,4	15,1	37,9	45,1	60,8	88,8	0,2	252,5
2092	0,3	0,1	0,1	10,7	25,6	40,3	84,8	90,3	70,2	138,1	53,1	1,1	514,6
2093	0,3	0,1	0,2	0,3	14,4	3,4	111,0	160,6	96,6	60,7	16,9	0,1	464,7
2094	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	5,0	20,5	3,9	29,4	110,5	169,3	0,3	339,3
2095	0,1	0,3	0,1	4,5	11,5	34,3	55,0	111,9	43,2	125,1	40,0	0,0	425,9
2096	0,0	0,0	0,0	4,0	0,5	0,2	16,6	177,7	95,3	61,5	168,8	0,0	524,5
2097	0,0	0,1	0,2	0,0	0,8	3,4	7,3	36,1	96,5	162,1	101,0	9,6	417,1
2098	0,0	0,2	0,3	0,1	0,0	0,0	37,2	103,2	58,9	210,3	161,2	1,9	573,3
2099	12,4	13,2	12,4	31,8	84,6	82,9	132,4	149,1	143,4	108,2	54,6	19,3	844,3
2100	17,8	12,7	18,9	32,3	59,2	63,1	135,1	159,4	121,6	84,3	82,5	17,7	804,6

## AR4 (2007) - CGCM3T63 (Mean) (mm/mes)

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
1961	21,8	23,0	2,9	57,0	104,4	98,7	88,7	191,1	191,1	148,9	130,4	68,9	1126,9
1962	42,2	21,3	10,2	41,9	110,2	137,9	174,9	176,4	177,5	179,2	95,5	113,5	1280,6
1963	54,0	20,9	23,0	99,6	44,5	69,1	133,9	193,5	125,8	106,5	123,8	61,7	1056,4
1964	33,5	12,1	4,3	20,4	27,7	58,1	141,4	170,2	190,5	166,4	47,9	26,9	899,5
1965	8,6	4,2	5,5	50,9	102,3	67,3	217,6	170,1	135,2	189,6	87,2	51,2	1089,8
1966	30,0	5,3	13,1	80,1	106,2	198,0	186,9	196,8	145,2	199,0	177,4	91,9	1429,7
1967	27,7	11,5	23,7	16,2	124,3	75,8	181,1	215,2	160,6	115,6	139,4	38,7	1129,7
1968	61,1	32,2	23,4	35,8	79,9	128,8	181,1	166,2	225,1	106,2	108,8	44,9	1193,6
1969	27,4	12,7	18,9	35,5	218,3	110,8	252,9	295,5	235,6	177,2	170,1	64,1	1618,9
1970	27,2	15,6	11,6	52,3	108,4	117,3	170,0	174,9	181,2	144,5	116,9	67,1	1187,0
1971	37,7	16,5	24,3	47,3	127,8	88,5	162,4	174,9	256,9	139,4	156,4	94,8	1326,9
1972	39,6	13,2	29,6	25,5	125,3	211,9	127,3	168,9	165,9	136,8	74,1	32,1	1150,1
1973	29,9	7,0	10,7	13,0	90,9	89,5	194,5	190,7	138,6	134,6	86,7	56,2	1042,2
1974	30,8	11,0	48,8	51,3	58,0	61,0	120,4	201,0	194,8	145,7	86,6	97,1	1106,4
1975	20,0	40,4	7,8	38,2	66,1	54,6	188,1	207,5	153,0	163,1	155,2	66,0	1159,9
1976	21,1	7,6	9,9	46,0	96,2	68,2	228,4	164,1	122,9	121,7	113,1	68,5	1067,8
1977	31,7	25,5	14,0	83,0	159,8	149,3	135,0	199,8	140,2	139,1	122,4	78,1	1277,8
1978	26,8	3,2	21,8	13,9	71,3	122,8	220,8	204,7	144,9	166,0	90,2	35,3	1121,7
1979	23,4	15,1	15,1	37,7	45,5	134,1	224,8	193,6	118,6	190,5	152,5	74,1	1225,0
1980	25,5	8,9	27,8	68,6	47,5	82,3	81,2	217,5	201,3	162,1	145,4	65,4	1133,3
1981	34,3	8,4	16,8	81,7	150,5	102,8	124,8	209,6	141,0	113,5	92,6	25,9	1101,9
1982	10,8	8,1	35,5	20,1	113,1	85,3	146,1	145,8	143,0	145,3	197,9	58,0	1109,0
1983	31,5	28,6	34,5	45,3	125,7	48,2	255,1	275,4	155,2	110,8	109,6	32,8	1252,6
1984	41,3	8,7	19,5	25,1	91,9	90,9	251,7	209,6	216,0	159,3	71,0	38,8	1223,9
1985	28,9	10,1	24,9	37,8	105,6	170,5	151,1	200,2	228,8	134,5	116,2	39,0	1247,5
1986	17,0	17,0	10,7	22,3	63,7	85,9	149,5	218,8	146,2	116,7	106,6	57,3	1011,6
1987	21,4	2,7	5,0	22,8	73,4	119,8	188,9	259,4	188,6	261,8	217,5	97,5	1458,8
1988	26,7	12,7	15,1	86,1	79,3	137,2	126,6	196,5	164,8	182,9	203,7	58,4	1289,9
1989	29,3	15,2	23,2	64,8	58,1	76,6	180,8	212,8	195,6	180,9	71,3	39,9	1148,5
1990	15,2	4,2	12,3	48,4	152,6	93,4	102,8	205,2	147,2	210,1	85,3	29,4	1106,2
1991	22,8	21,7	23,9	58,7	92,6	64,7	148,4	197,9	179,9	135,0	87,0	33,1	1065,7
1992	17,2	25,8	10,4	90,5	89,4	101,4	234,6	153,8	203,5	171,3	150,4	50,7	1298,9
1993	19,9	10,1	12,5	55,1	33,6	82,2	108,0	242,0	205,4	144,8	133,3	79,9	1126,6
1994	58,8	13,8	6,5	38,1	137,8	72,0	237,9	226,1	197,6	163,9	70,6	63,6	1286,7
1995	11,4	3,3	15,6	63,9	84,4	180,4	191,1	207,6	174,4	154,5	256,9	72,7	1416,3
1996	32,3	23,9	14,4	34,5	57,7	52,6	161,8	273,8	180,5	138,3	90,0	75,3	1134,9
1997	29,7	10,2	56,8	19,6	93,7	136,0	173,3	189,6	188,2	151,3	102,5	29,7	1180,7
1998	11,4	4,7	18,3	23,6	84,0	141,4	127,1	166,5	149,9	211,6	135,2	59,6	1133,3

Apéndice 2-6

AR4 (2007) - CGCM3T63 (Mean) (mm/mes)

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
1999	18,3	19,0	56,3	42,5	78,9	209,2	203,1	211,2	133,7	100,3	133,9	54,2	1260,5
2000	31,4	8,8	5,8	30,8	178,2	65,8	190,2	194,0	148,8	105,8	136,6	68,6	1164,9
2001	13,4	37,9	36,6	15,2	272,8	97,7	153,6	136,4	215,6	139,7	95,5	41,0	1255,4
2002	17,5	19,0	86,0	6,6	67,1	96,8	66,2	192,7	219,8	208,7	136,4	54,5	1171,3
2003	16,3	8,4	8,1	77,8	192,2	103,2	202,7	139,4	136,4	173,6	77,7	36,0	1171,8
2004	25,6	13,7	9,5	9,6	52,9	105,5	150,1	151,4	182,9	162,1	76,2	39,1	978,6
2005	16,5	5,4	2,7	24,5	81,0	171,5	144,7	244,7	245,0	152,6	152,1	84,2	1324,9
2006	41,6	15,3	15,0	14,8	34,6	56,3	113,0	197,5	157,9	139,1	128,2	31,2	944,3
2007	15,7	10,1	47,5	193,4	98,3	81,9	121,5	169,0	134,1	135,2	62,2	20,0	1088,9
2008	20,1	11,1	10,2	86,9	115,7	45,4	119,7	221,2	151,2	137,2	103,4	44,4	1066,5
2009	37,0	7,5	5,8	29,0	86,6	68,5	73,4	160,1	175,7	157,1	136,4	33,2	970,5
2010	13,8	3,7	5,0	31,1	43,3	39,0	173,5	228,2	146,6	132,6	115,8	47,5	980,1
2011	29,1	21,0	24,4	22,2	24,4	53,5	115,6	146,9	102,4	117,8	83,4	12,9	753,6
2012	16,0	27,3	14,1	96,0	77,2	59,9	146,0	156,6	175,6	134,7	72,8	31,5	1007,7
2013	12,3	7,0	3,3	9,2	71,8	27,6	109,4	162,6	182,4	143,5	105,4	42,1	876,5
2014	38,8	8,1	45,6	59,1	35,7	70,1	106,5	163,2	171,3	182,6	54,2	55,6	990,7
2015	23,4	7,0	16,9	49,3	36,6	89,6	179,0	183,2	133,1	136,6	112,5	45,4	1012,8
2016	26,6	14,6	33,7	26,7	115,1	91,4	115,0	190,0	145,7	197,1	86,2	24,1	1066,4
2017	10,5	6,5	2,1	70,8	56,8	136,0	155,3	193,9	210,3	106,3	107,2	22,4	1077,9
2018	5,8	9,2	3,2	11,0	25,9	70,6	131,5	122,8	139,1	122,3	79,1	36,7	757,2
2019	36,0	9,4	24,0	102,3	131,4	142,3	99,6	112,2	183,1	111,4	52,1	23,5	1027,3
2020	8,9	15,9	8,8	21,2	92,7	47,4	91,6	154,7	154,6	108,0	45,0	13,5	762,1
2021	13,1	4,7	6,5	20,2	153,7	99,4	164,5	247,4	178,8	136,4	90,9	58,6	1174,3
2022	18,3	14,6	11,5	22,9	123,1	90,9	168,3	177,1	163,4	166,0	222,3	48,8	1227,3
2023	16,2	4,9	14,2	12,9	23,7	65,9	140,8	121,4	178,9	123,0	151,5	35,0	888,5
2024	27,0	3,8	39,5	18,9	89,3	145,0	146,4	182,0	195,4	167,2	98,8	29,8	1143,1
2025	14,2	9,1	15,7	13,3	116,1	93,8	113,4	217,4	132,2	132,4	50,5	27,4	935,5
2026	12,8	4,6	13,5	22,2	84,4	73,5	101,0	166,0	230,6	146,4	147,4	49,2	1051,6
2027	20,4	7,6	16,3	39,3	34,6	34,7	81,3	195,9	186,7	157,7	80,9	41,1	896,6
2028	66,5	22,3	7,5	34,7	77,3	33,9	71,4	160,0	166,6	164,3	160,7	33,4	998,8
2029	14,8	10,6	10,9	11,4	63,3	111,2	142,1	240,3	154,7	119,8	52,4	24,0	955,4
2030	8,5	45,0	18,8	32,3	102,5	58,5	155,0	217,1	156,9	154,0	71,5	33,1	1053,3
2031	5,7	12,4	17,5	44,7	68,8	42,8	101,0	174,6	232,7	176,8	154,1	32,6	1063,6
2032	24,9	4,5	11,6	27,7	58,4	106,3	161,5	170,6	194,8	115,4	108,8	73,4	1058,0
2033	21,6	32,8	10,9	33,0	29,3	80,5	109,1	164,9	119,6	117,5	100,2	22,7	842,1
2034	6,6	15,8	9,6	60,3	79,7	52,5	99,4	172,2	233,0	157,9	52,3	31,3	970,4
2035	24,2	6,7	48,4	17,8	111,8	106,2	122,5	130,6	175,3	119,5	119,2	114,6	1096,8
2036	41,1	12,0	28,4	43,5	154,0	54,7	99,6	149,0	156,8	191,9	69,4	17,8	1018,0
2037	15,7	9,4	14,6	55,4	186,1	122,4	140,9	127,0	153,5	162,6	90,4	36,3	1114,3
2038	11,0	4,3	13,6	15,6	62,4	38,2	131,2	115,5	168,5	169,5	90,0	81,9	901,8

## AR4 (2007) - CGCM3T63 (Mean) (mm/mes)

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
2039	10,4	9,4	14,1	173,2	51,2	139,3	145,3	192,0	119,8	134,2	84,8	31,3	1104,9
2040	20,0	1,6	15,9	89,0	70,6	164,9	133,7	167,4	184,0	148,9	95,3	62,1	1153,4
2041	24,0	11,6	16,8	17,9	228,4	66,8	151,4	188,5	135,8	152,3	73,3	46,0	1112,8
2042	14,6	28,2	17,2	48,9	36,7	55,6	102,1	151,8	173,8	152,6	87,5	32,0	900,8
2043	22,6	10,5	8,0	15,6	58,5	50,2	172,2	183,3	112,6	169,1	128,9	32,7	964,4
2044	12,1	8,0	107,5	134,6	80,8	92,5	108,3	167,4	155,2	163,3	59,6	48,1	1137,2
2045	10,4	5,5	20,0	32,6	88,7	107,9	150,8	115,8	143,4	164,0	117,2	34,0	990,2
2046	22,4	18,6	9,2	20,3	54,1	34,4	139,6	129,1	168,0	184,4	67,6	9,6	857,4
2047	15,4	12,2	4,8	50,1	58,2	51,6	118,8	119,2	229,3	175,3	109,6	36,9	981,4
2048	34,7	16,8	13,1	17,4	168,6	54,2	89,8	125,7	218,1	177,1	168,1	49,0	1132,6
2049	17,9	3,7	6,4	10,2	42,4	78,0	132,6	160,2	289,1	160,5	146,6	43,4	1091,1
2050	17,6	10,7	16,0	49,7	53,5	51,8	154,9	143,2	160,0	133,0	102,2	33,7	926,3
2051	12,8	6,2	2,9	25,9	60,6	138,0	81,1	175,2	209,6	159,2	126,1	60,6	1058,2
2052	28,6	3,7	13,1	50,8	42,0	64,7	167,6	176,4	163,9	156,9	141,5	49,9	1059,1
2053	12,1	4,1	16,7	10,8	16,5	48,3	155,0	262,1	135,4	128,0	70,5	37,9	897,5
2054	15,3	3,9	14,5	47,1	20,2	49,1	160,1	156,4	172,3	122,8	99,6	36,8	898,0
2055	10,9	11,2	19,1	27,5	233,3	223,8	137,9	185,8	152,8	163,3	118,0	25,9	1309,6
2056	26,3	10,1	44,7	22,5	56,6	46,7	140,9	137,6	157,9	184,0	60,2	13,4	901,1
2057	4,2	38,8	13,8	12,5	80,8	47,5	130,3	162,1	122,7	123,8	114,5	23,7	874,6
2058	14,0	13,2	79,0	202,5	108,5	95,5	110,5	163,4	171,2	138,3	48,4	13,2	1157,6
2059	7,7	8,3	5,5	21,5	76,4	49,2	178,6	130,9	116,6	76,0	16,4	16,6	703,5
2060	5,9	6,5	29,0	9,5	33,2	49,4	113,2	164,6	140,9	109,8	61,5	26,4	749,9
2061	8,2	17,2	40,1	15,5	119,0	134,0	236,7	176,3	209,1	195,4	98,4	36,5	1286,5
2062	35,8	29,4	14,1	23,4	46,9	49,5	148,0	258,6	150,4	164,5	72,0	27,7	1020,2
2063	16,1	28,4	24,3	76,6	137,4	155,4	123,3	102,1	86,7	150,0	52,0	9,3	961,5
2064	12,3	13,8	26,5	34,8	22,7	109,0	120,4	182,4	185,8	189,2	53,2	19,9	970,1
2065	18,4	10,4	12,9	90,9	98,2	152,2	132,0	206,6	176,2	139,8	60,9	28,3	1126,8
2066	8,0	5,8	149,1	33,3	297,2	160,4	126,9	169,8	118,7	130,5	204,7	33,4	1437,9
2067	14,2	15,4	11,2	40,0	222,0	128,4	92,0	100,9	120,9	166,6	110,3	21,3	1043,3
2068	13,7	52,0	10,7	39,9	116,2	94,8	87,0	125,4	163,6	199,1	73,0	40,0	1015,2
2069	17,6	8,3	19,5	35,7	46,5	165,8	131,9	165,8	134,1	91,1	45,8	14,4	876,5
2070	14,9	16,3	12,5	41,0	99,3	65,6	153,0	215,6	124,2	83,2	52,6	15,6	893,6
2071	8,5	8,0	2,7	15,9	53,0	41,6	69,9	166,5	157,2	130,5	151,6	19,6	824,9
2072	11,9	0,9	8,4	18,8	18,6	69,9	158,5	208,6	178,1	237,4	74,3	29,2	1014,8
2073	13,9	46,7	23,7	74,0	105,1	77,8	145,3	134,1	135,0	89,6	78,4	19,4	942,9
2074	17,4	22,0	27,2	13,9	90,9	37,1	73,1	119,8	109,1	155,8	119,3	44,3	829,9
2075	19,8	13,2	1,4	40,7	56,6	133,9	87,3	140,7	67,4	187,8	101,9	12,7	863,4
2076	10,9	18,1	5,8	42,3	60,5	79,7	97,6	175,3	123,1	139,3	116,9	20,0	889,4
2077	19,0	8,2	9,0	45,6	43,9	142,4	132,7	175,2	126,9	104,5	36,8	7,8	851,9
2078	7,9	31,5	11,5	31,8	66,7	114,2	82,0	120,5	112,2	105,3	129,4	14,6	827,7

Apéndice 2-8

## AR4 (2007) - CGCM3T63 (Mean) (mm/mes)

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
2079	10,1	4,8	73,5	72,2	33,1	35,1	80,7	282,9	150,4	117,8	98,2	33,2	992,1
2080	22,1	8,6	23,0	27,1	22,0	70,3	113,7	172,5	178,0	115,7	117,4	14,0	884,4
2081	26,1	7,1	14,6	12,3	74,0	146,4	95,7	151,5	151,0	115,2	137,7	54,7	986,3
2082	41,6	8,8	8,7	14,7	190,3	44,7	52,4	110,9	87,8	94,6	79,6	25,6	759,8
2083	32,7	9,0	23,3	9,3	30,8	138,0	149,3	168,3	133,1	191,6	86,4	21,5	993,1
2084	3,9	3,0	2,6	14,3	8,3	30,4	134,9	176,4	142,2	91,6	31,1	36,5	675,2
2085	16,6	9,2	35,5	21,6	84,0	32,2	44,8	116,1	172,8	209,1	59,5	14,1	815,6
2086	33,8	2,9	7,3	22,8	13,2	68,7	121,7	111,1	155,9	126,5	60,4	16,7	741,0
2087	11,8	4,2	10,1	18,3	10,8	29,5	98,8	184,1	170,9	97,4	36,3	23,5	695,7
2088	12,6	5,6	7,2	23,4	63,8	118,1	116,7	184,3	145,0	165,1	69,3	11,7	922,8
2089	28,9	39,3	37,4	32,2	20,7	115,1	130,9	176,1	161,5	159,9	136,3	43,1	1081,4
2090	31,2	24,4	5,1	46,8	41,2	46,8	155,4	137,0	163,6	111,2	71,9	24,5	859,3
2091	7,3	5,0	31,6	29,1	50,9	51,8	76,1	163,9	165,0	144,7	47,1	13,8	786,3
2092	5,9	14,0	9,4	17,1	36,4	97,2	94,3	89,8	91,5	80,5	90,9	21,4	648,4
2093	13,1	1,4	4,0	20,5	52,3	31,4	59,3	129,1	188,2	127,7	123,5	28,8	779,4
2094	38,3	74,2	7,9	34,7	77,7	43,8	92,7	167,9	145,2	91,1	25,1	25,1	823,8
2095	10,4	10,8	14,2	99,2	54,1	108,0	144,7	141,2	124,8	104,6	57,8	22,9	892,5
2096	25,9	42,3	23,8	29,8	23,9	45,8	104,9	132,1	159,2	128,9	62,4	42,5	821,4
2097	52,0	12,9	20,7	12,2	18,8	36,6	86,1	163,4	192,0	110,7	31,5	5,7	742,7
2098	25,2	11,1	13,9	66,0	106,3	111,2	136,5	188,0	108,7	152,0	113,0	37,5	1069,5
2099	32,8	8,7	15,3	68,9	33,7	75,9	71,9	119,3	142,9	63,1	77,1	26,0	735,5
2100	13,2	7,5	9,7	7,6	30,9	60,2	102,9	126,9	118,4	104,0	67,8	35,7	684,7

AR4 (2007) - MIROC3.2 hires (Run 1) (mm/mes)

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
1961	7,2	6,3	1,2	13,5	120,3	53,6	153,0	166,3	213,7	215,2	153,5	32,5	1136,4
1962	10,5	2,6	2,6	151,0	40,4	152,1	105,5	149,7	102,8	176,8	150,4	8,8	1053,1
1963	4,0	12,8	3,9	72,4	232,7	52,3	183,7	248,8	105,5	194,5	86,5	34,8	1232,1
1964	10,6	1,9	1,0	27,7	66,5	174,2	193,2	170,2	226,5	101,9	29,3	16,8	1019,8
1965	12,2	1,0	0,7	12,6	249,8	93,3	149,2	139,3	172,7	149,2	79,8	12,5	1072,4
1966	3,7	4,2	1,3	97,1	102,4	101,1	119,4	138,5	268,1	77,4	104,9	15,9	1034,1
1967	2,3	1,3	2,3	15,9	250,4	112,3	209,5	138,6	324,7	150,4	49,2	9,9	1266,7
1968	11,1	2,3	0,6	47,9	42,0	209,1	110,6	198,7	225,9	205,0	14,9	5,2	1073,2
1969	3,2	0,7	2,0	6,1	92,7	43,3	216,8	132,6	286,2	170,5	62,8	20,4	1037,2
1970	6,6	2,2	0,6	35,0	224,9	188,4	128,6	213,0	265,5	87,4	21,6	16,4	1190,2
1971	4,9	2,6	0,9	11,7	205,6	61,3	117,6	223,0	81,4	290,3	61,9	20,8	1082,0
1972	3,1	1,5	0,3	53,6	185,2	188,2	98,3	318,0	154,3	99,9	86,8	22,2	1211,5
1973	5,1	3,9	1,3	33,7	164,7	128,5	143,1	178,8	167,8	143,9	138,7	6,7	1116,2
1974	4,3	6,5	1,1	90,4	116,8	140,6	188,8	132,8	101,8	81,9	43,8	4,6	913,5
1975	2,7	0,4	1,6	9,3	221,6	220,0	49,9	253,7	222,7	182,6	29,7	15,3	1209,4
1976	2,6	8,7	39,3	99,0	74,8	52,2	70,0	115,8	92,9	136,9	16,5	4,2	713,0
1977	1,9	2,4	0,9	84,8	139,9	57,9	108,6	110,6	324,3	47,5	79,8	12,4	971,0
1978	2,6	0,4	1,1	89,7	120,4	130,5	169,5	84,7	199,2	87,7	163,5	19,1	1068,3
1979	6,7	3,6	1,0	27,1	54,6	31,1	122,9	241,0	230,1	214,1	101,6	32,5	1066,5
1980	16,2	2,2	4,3	66,4	45,6	51,7	149,2	137,1	202,9	165,3	63,0	36,1	940,1
1981	18,1	5,0	2,8	17,1	153,6	183,4	213,3	124,4	400,0	331,2	104,1	29,2	1582,2
1982	8,1	3,8	8,9	32,2	197,0	144,4	164,7	200,1	214,9	205,7	50,1	24,9	1254,8
1983	5,3	3,3	0,6	116,5	308,8	164,1	119,8	291,0	312,4	177,5	27,5	39,6	1566,5
1984	21,4	53,9	13,0	51,1	219,4	74,7	110,5	75,2	95,1	181,7	126,3	21,0	1043,3
1985	7,5	3,6	0,2	123,6	56,5	80,1	134,2	214,2	175,2	235,3	119,1	8,5	1157,9
1986	5,2	0,7	0,0	118,3	59,7	100,1	167,2	397,7	179,0	214,2	78,3	15,5	1336,0
1987	6,0	12,3	0,1	36,8	156,2	143,0	127,0	95,6	273,3	181,7	62,0	55,5	1149,6
1988	8,6	1,2	2,2	86,0	64,9	152,8	177,8	205,4	118,6	190,8	147,3	16,1	1171,9
1989	8,7	1,6	39,1	251,5	305,3	154,0	239,5	140,9	191,6	276,1	69,5	25,4	1703,3
1990	2,2	1,1	0,6	6,9	86,8	40,0	136,4	231,3	223,7	105,1	13,7	11,7	859,4
1991	3,5	19,0	0,2	99,0	217,3	145,0	237,4	129,8	228,4	118,3	118,9	14,7	1331,4
1992	5,0	1,9	1,8	16,7	77,3	131,6	154,5	178,0	251,4	93,3	217,7	27,5	1156,6
1993	5,9	5,4	9,9	131,8	48,3	37,6	134,3	109,5	326,8	132,6	130,4	20,0	1092,4
1994	5,6	3,9	1,2	84,8	246,7	110,3	193,5	152,2	145,5	166,3	73,3	24,8	1208,1
1995	4,8	0,3	8,6	0,5	146,2	132,9	119,9	91,0	126,5	147,8	54,0	17,6	850,1
1996	5,1	0,8	0,4	25,4	154,4	55,6	87,2	204,9	128,8	140,9	130,3	5,4	939,3
1997	1,4	0,9	3,0	118,4	173,7	80,1	111,6	203,0	148,9	267,7	109,7	14,0	1232,3
1998	8,1	1,0	2,0	200,2	204,5	57,0	193,6	165,9	185,1	298,3	165,6	17,4	1498,8

AR4 (2007) - MIROC3.2 hires (Run 1) (mm/mes)

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
1999	5,5	2,4	12,2	297,0	157,4	91,5	194,8	161,4	304,5	188,2	187,0	16,8	1618,8
2000	8,2	3,3	13,2	20,6	325,7	231,5	186,9	185,1	277,0	157,8	127,4	26,7	1563,2
2001	10,5	0,4	7,0	66,0	152,6	92,4	171,1	221,9	77,6	229,2	92,8	30,9	1152,3
2002	7,4	11,5	0,4	48,4	160,1	115,9	130,1	235,8	251,5	231,6	21,3	14,4	1228,4
2003	3,9	5,5	1,9	133,0	297,9	116,3	172,0	314,2	202,2	142,2	72,3	52,4	1514,0
2004	4,4	1,4	13,7	28,2	22,7	88,9	206,3	279,0	299,6	198,0	155,1	15,1	1312,6
2005	4,0	9,9	0,2	11,7	234,4	176,1	204,8	157,5	169,6	199,8	66,6	13,5	1248,0
2006	6,0	5,4	6,3	120,9	310,0	124,6	96,9	95,9	99,3	193,5	19,7	7,6	1086,1
2007	11,0	0,2	5,7	181,5	122,1	106,3	132,7	248,9	174,0	170,4	41,0	5,9	1199,7
2008	1,2	0,6	2,2	74,6	115,1	28,2	85,2	137,8	134,7	103,1	94,5	11,7	788,9
2009	11,3	1,3	3,2	0,2	173,0	122,3	189,9	156,8	138,1	131,9	160,3	8,0	1096,3
2010	5,8	4,2	0,9	120,6	114,8	107,9	234,8	226,2	63,6	48,5	141,6	43,3	1112,4
2011	9,4	1,3	0,3	13,6	163,1	162,2	131,2	137,1	159,2	158,6	33,3	6,1	975,5
2012	5,1	2,8	8,4	22,7	53,3	122,4	192,7	269,5	62,1	172,1	80,1	4,4	995,8
2013	4,1	2,9	0,7	110,4	335,9	64,7	199,7	206,5	248,2	186,1	137,2	17,7	1514,0
2014	4,0	0,4	2,2	239,0	138,2	245,0	213,2	213,9	233,7	275,7	45,3	46,4	1657,0
2015	18,0	2,3	0,2	10,6	102,2	80,7	104,0	266,9	193,7	169,0	42,5	3,6	993,7
2016	4,2	0,4	31,5	32,2	71,5	152,0	278,3	110,0	193,9	130,9	35,5	35,2	1075,8
2017	7,5	0,1	2,3	42,4	322,2	171,2	95,6	192,7	171,0	299,1	58,5	7,4	1369,7
2018	5,2	1,0	1,3	185,6	284,7	240,1	143,0	82,1	192,6	82,8	85,2	4,0	1307,6
2019	8,7	1,1	0,8	43,4	221,0	157,5	115,2	251,4	114,3	170,4	11,5	13,1	1108,5
2020	14,4	2,0	2,0	47,6	20,2	124,6	78,4	189,7	54,2	168,5	171,8	16,0	889,4
2021	3,1	23,1	6,0	37,3	169,0	88,4	259,6	106,0	146,4	56,5	121,4	24,6	1041,3
2022	2,2	1,0	0,2	62,8	264,0	130,8	186,9	229,1	189,2	171,0	103,7	41,0	1382,0
2023	9,1	2,8	0,5	22,7	132,9	67,8	84,7	61,7	91,6	47,0	88,7	5,1	614,6
2024	12,9	11,4	6,5	42,6	49,5	89,8	190,6	195,0	212,4	138,3	265,2	19,9	1234,1
2025	3,0	0,7	3,8	176,6	345,8	232,4	185,7	147,8	188,7	259,5	68,8	58,8	1671,7
2026	6,6	0,8	4,2	46,0	99,5	167,3	102,3	259,3	244,6	115,7	117,3	11,8	1175,5
2027	5,8	0,8	0,1	114,0	95,3	142,5	232,3	205,8	203,7	230,7	24,2	20,8	1276,0
2028	8,2	14,8	1,9	41,6	125,3	134,8	131,7	223,2	161,1	163,7	92,0	6,8	1105,0
2029	6,1	2,9	0,2	3,8	186,3	140,4	29,8	100,4	101,9	94,0	13,1	3,3	682,3
2030	2,7	4,8	0,9	122,9	218,9	123,1	109,4	232,9	91,8	61,1	12,2	2,9	983,4
2031	1,3	0,7	72,5	30,9	308,3	128,6	209,2	131,5	136,3	293,5	197,0	26,7	1536,5
2032	7,3	1,2	9,4	8,7	68,5	134,0	172,5	207,3	221,8	205,6	77,2	8,8	1122,2
2033	5,1	3,5	1,2	132,4	301,2	122,4	179,7	216,2	149,6	153,6	62,7	5,5	1332,9
2034	4,2	0,5	2,0	86,0	79,5	69,3	110,0	265,9	231,1	159,2	95,2	12,7	1115,6
2035	3,9	0,3	0,4	85,5	169,9	158,5	185,0	232,2	184,1	191,0	39,9	6,7	1257,2
2036	4,6	3,5	5,1	54,2	203,2	79,5	68,7	184,8	233,5	71,6	56,2	6,1	971,1
2037	6,2	0,7	2,8	169,0	89,9	143,9	119,5	179,8	113,2	165,4	98,9	7,0	1096,2
2038	3,1	1,2	2,5	14,0	129,6	184,1	132,2	162,2	156,9	132,9	13,6	4,3	936,7

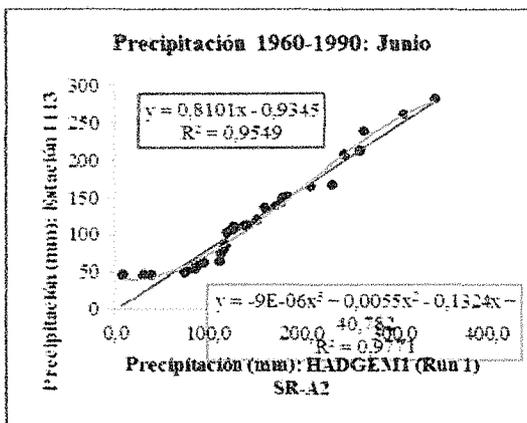
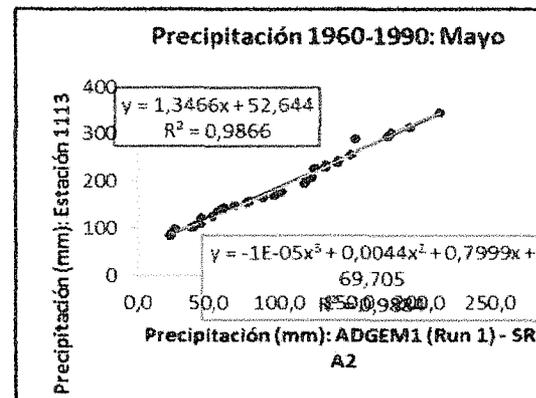
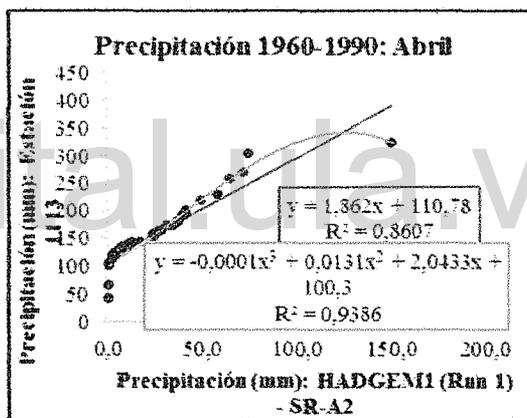
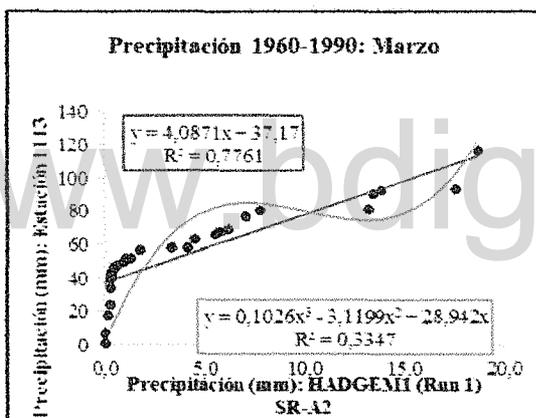
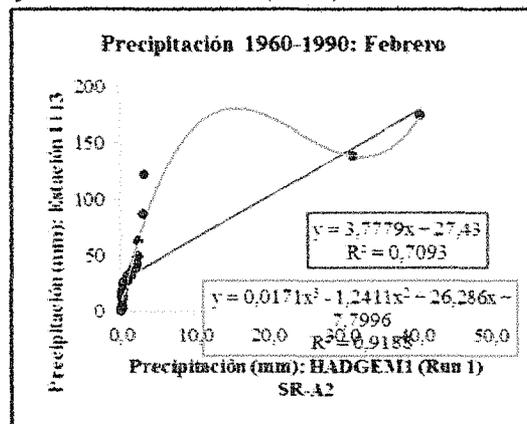
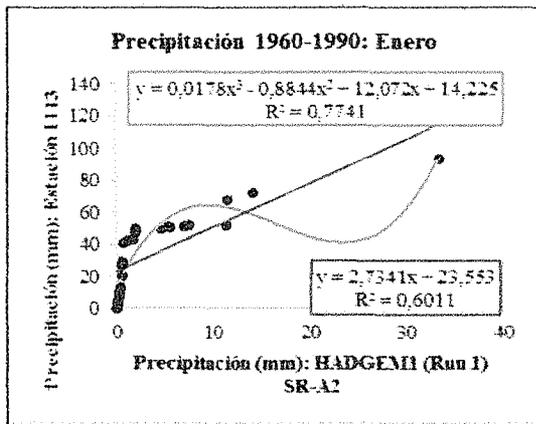
AR4 (2007) - MIROC3.2 hires (Run 1) (mm/mes)

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
2039	2,2	1,0	2,1	11,0	159,9	74,1	161,4	159,0	133,3	224,6	38,4	15,4	982,6
2040	5,0	0,8	0,6	48,2	45,0	94,1	125,1	138,5	154,2	73,9	83,9	6,5	775,9
2041	3,3	0,8	0,9	100,7	162,6	171,2	87,0	107,7	101,2	129,2	16,2	8,2	889,2
2042	2,6	1,8	26,5	154,6	216,3	138,2	172,3	260,7	161,8	231,3	84,6	21,4	1472,1
2043	2,2	0,7	0,9	10,8	113,6	142,9	128,6	170,0	197,6	61,8	7,4	2,2	838,6
2044	0,9	2,5	0,3	70,4	41,7	111,5	128,5	152,7	154,9	96,3	111,9	10,6	882,3
2045	6,4	1,7	0,4	2,0	228,6	68,4	134,1	184,5	154,4	179,1	54,6	10,6	1024,6
2046	2,0	0,4	8,6	56,8	84,3	45,8	105,2	140,6	202,5	72,0	54,9	8,6	781,7
2047	3,3	0,6	23,3	116,9	97,6	77,9	192,8	139,2	267,7	159,3	82,8	5,4	1166,8
2048	5,0	7,6	6,7	104,0	148,9	117,1	126,2	122,7	188,5	163,5	57,1	6,3	1053,5
2049	2,6	2,9	7,9	49,7	138,1	33,9	246,9	131,4	116,6	163,4	118,1	37,2	1048,7
2050	5,6	23,7	0,2	93,1	260,2	212,9	250,0	223,2	269,1	262,5	73,3	7,7	1681,7
2051	4,9	2,4	0,2	86,6	11,9	100,7	67,8	257,4	274,3	273,5	95,1	8,2	1183,1
2052	8,3	2,6	3,2	148,2	234,2	114,1	153,6	124,2	169,4	137,8	81,3	15,6	1192,6
2053	6,1	1,0	1,4	1,8	131,7	94,0	176,7	217,8	173,4	188,1	16,2	13,6	1021,9
2054	5,5	1,6	0,1	1,3	219,1	172,1	222,9	273,0	183,1	174,0	109,9	9,2	1371,8
2055	2,2	1,1	26,3	55,9	258,7	123,9	175,8	98,9	109,5	102,5	116,3	10,3	1081,4
2056	4,0	7,1	1,3	2,7	4,6	97,8	172,1	183,8	205,1	178,4	14,3	3,8	874,9
2057	3,1	1,5	0,5	17,1	114,3	122,4	167,0	155,1	178,5	181,0	69,2	157,1	1166,8
2058	14,1	1,9	0,9	138,4	214,7	99,2	204,1	280,2	295,0	115,2	118,4	10,3	1492,3
2059	5,9	2,1	1,2	27,8	29,9	143,0	190,4	136,7	211,0	102,0	96,4	9,8	956,2
2060	4,4	2,9	5,5	40,0	45,8	179,3	126,5	92,6	148,6	200,3	168,1	17,2	1031,2
2061	3,2	0,8	5,4	25,8	110,3	177,6	264,4	237,1	214,3	231,3	118,4	28,0	1416,6
2062	5,3	0,8	2,1	127,4	301,1	226,7	138,2	287,8	159,6	215,8	126,9	18,4	1610,0
2063	4,5	2,0	0,0	34,0	126,9	174,6	100,7	170,1	194,2	76,9	41,9	6,4	932,2
2064	4,0	0,6	42,3	253,3	290,0	145,4	117,4	147,9	182,0	192,5	63,1	3,0	1441,5
2065	4,7	0,3	0,1	56,1	173,4	202,2	175,8	175,6	260,7	255,1	72,9	14,4	1391,4
2066	5,1	0,5	33,7	188,2	153,9	157,6	173,6	156,5	252,3	156,8	150,7	17,1	1446,1
2067	6,5	5,8	11,3	270,6	266,8	79,4	120,8	339,6	82,1	46,4	87,2	7,0	1323,4
2068	3,1	3,0	4,6	115,1	226,1	93,5	124,5	194,7	118,5	75,3	179,0	5,3	1142,8
2069	13,2	1,8	16,5	131,4	267,2	195,0	184,7	75,4	52,6	119,5	43,3	8,9	1109,4
2070	7,0	0,7	0,1	11,7	148,1	91,3	163,7	236,5	187,0	207,9	173,0	71,5	1298,5
2071	4,0	0,6	0,2	57,5	120,9	110,3	160,0	114,3	162,6	198,4	47,3	7,0	983,1
2072	3,6	2,1	62,6	110,6	100,3	187,1	86,7	125,5	76,0	233,3	11,1	1,3	1000,1
2073	9,3	4,8	5,8	16,1	109,9	231,5	130,2	233,6	222,8	142,4	46,3	15,9	1168,5
2074	2,0	1,8	0,5	55,4	146,2	157,2	108,9	208,5	132,1	235,2	154,4	52,8	1255,0
2075	4,9	3,2	0,5	32,7	129,9	116,2	69,8	72,2	149,8	148,4	166,6	8,9	903,2
2076	2,6	4,4	0,3	79,6	51,6	151,0	154,4	76,6	148,9	118,6	136,0	2,0	926,1
2077	7,3	1,2	11,0	117,1	263,3	129,4	111,5	114,3	140,0	155,4	123,9	26,4	1200,7
2078	3,2	0,5	0,8	9,4	97,8	103,4	213,3	235,8	169,4	351,9	72,9	60,7	1319,1

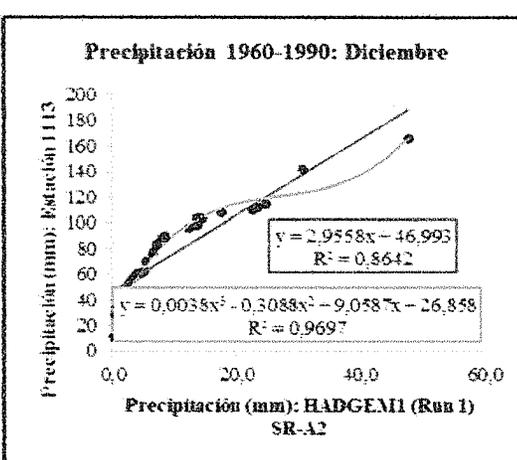
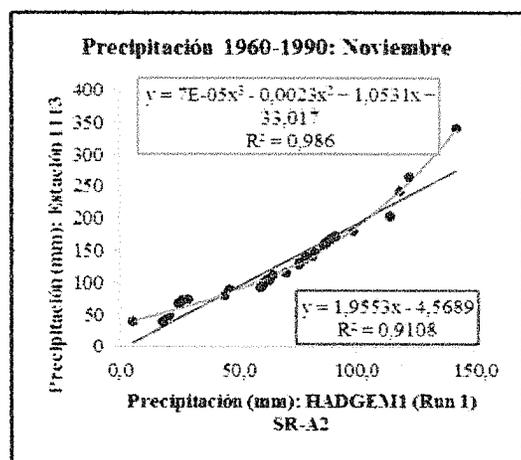
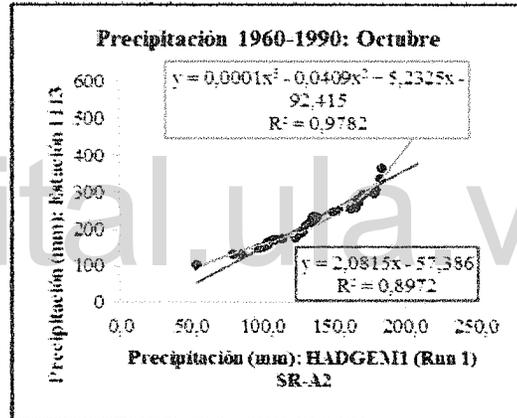
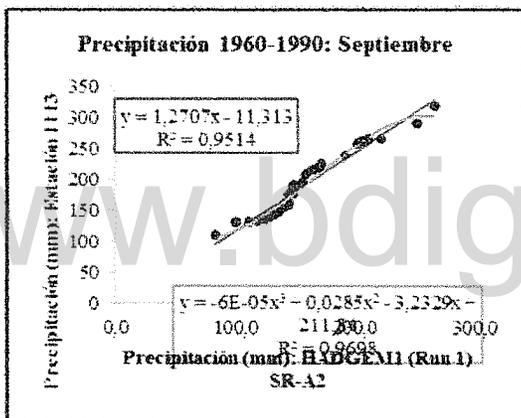
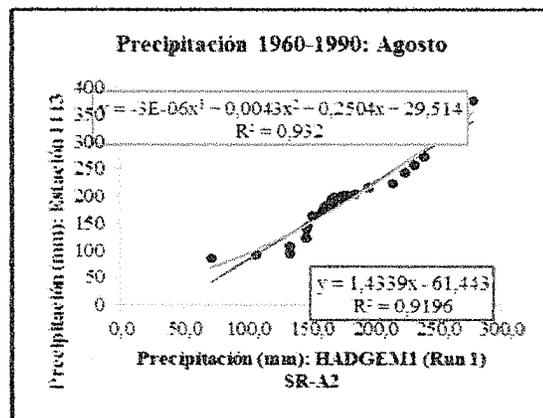
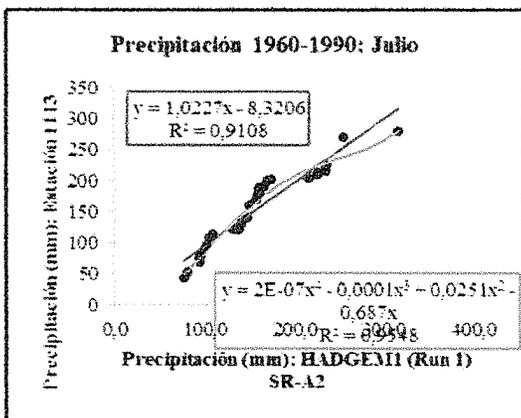
AR4 (2007) - MIROC3.2 hires (Run 1) (mm/mes)

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
2079	5,4	1,0	0,8	26,2	93,1	94,2	204,6	324,5	145,6	124,0	26,8	3,7	1050,0
2080	9,4	0,7	54,6	53,6	65,8	122,2	117,0	263,0	36,6	188,2	128,9	30,9	1070,8
2081	6,2	0,3	7,3	2,8	127,8	53,9	94,1	170,8	218,4	75,9	28,4	17,4	803,3
2082	9,3	0,8	8,0	49,9	109,6	39,0	116,1	192,9	102,4	151,9	78,4	3,9	862,1
2083	2,1	1,0	2,3	8,3	332,0	208,6	273,7	351,1	339,6	121,4	14,3	12,1	1666,4
2084	9,8	2,5	4,5	29,6	207,6	71,1	194,5	159,1	123,4	26,3	37,3	4,5	870,2
2085	2,7	1,2	4,9	83,8	169,4	175,5	92,8	296,4	85,4	235,2	56,2	8,1	1211,6
2086	11,5	0,9	0,6	13,3	91,8	56,7	137,5	113,4	69,0	173,8	26,9	6,6	701,9
2087	3,0	0,2	40,8	230,1	183,0	123,0	185,3	25,4	117,4	194,8	32,8	3,6	1139,4
2088	1,8	0,8	26,2	92,5	160,1	163,5	169,4	173,7	153,2	53,8	184,0	3,4	1182,4
2089	1,7	2,2	16,2	150,2	256,4	227,2	121,9	300,7	208,8	110,8	238,9	14,6	1649,6
2090	6,6	5,3	5,2	76,7	108,4	55,3	50,9	332,7	140,7	192,8	106,4	22,4	1103,4
2091	3,9	1,6	17,2	165,4	218,5	62,0	122,0	94,0	170,9	94,0	204,1	5,2	1158,8
2092	4,9	0,4	3,4	135,2	97,3	153,9	271,7	187,9	419,5	244,8	130,1	28,7	1677,9
2093	6,9	1,3	0,1	2,5	103,1	89,5	168,0	244,0	249,1	164,7	78,5	4,1	1111,9
2094	4,0	1,1	0,8	10,4	158,8	165,2	98,0	171,7	118,4	250,0	34,6	7,6	1020,7
2095	1,7	1,1	3,5	92,7	238,6	259,8	133,1	285,3	338,6	80,1	214,0	55,4	1703,8
2096	3,4	2,1	1,0	69,1	83,5	101,3	88,3	258,4	161,3	170,8	100,8	7,1	1047,0
2097	8,3	0,4	26,2	90,8	201,9	233,3	188,7	77,8	149,2	103,8	143,7	6,4	1230,5
2098	7,5	1,9	5,6	117,5	202,1	174,8	67,6	110,6	143,6	65,0	61,4	4,8	962,5
2099	6,6	1,1	5,8	133,6	129,7	135,0	168,0	175,8	207,6	174,9	150,6	8,6	1297,1
2100	2,1	0,1	0,3	175,3	232,7	119,9	144,4	211,1	215,6	84,5	78,0	7,6	1271,5

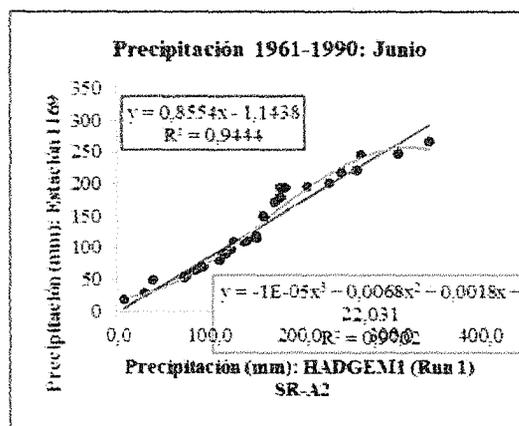
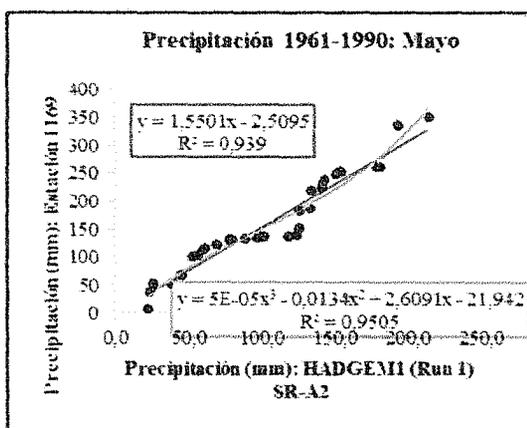
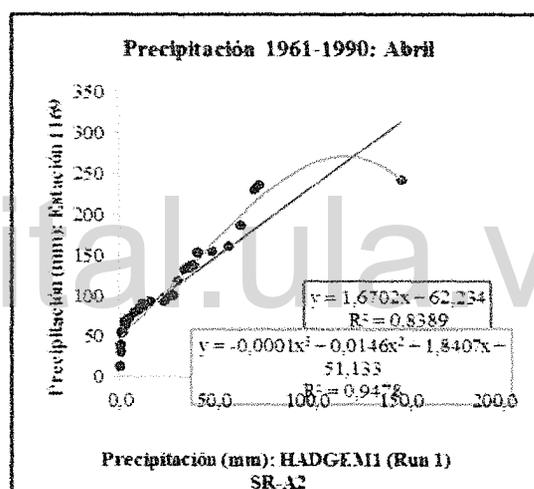
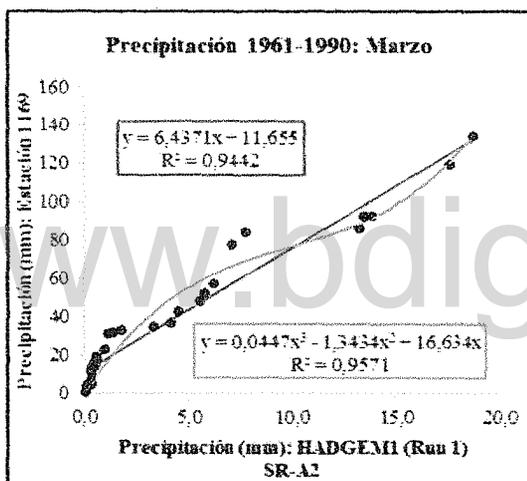
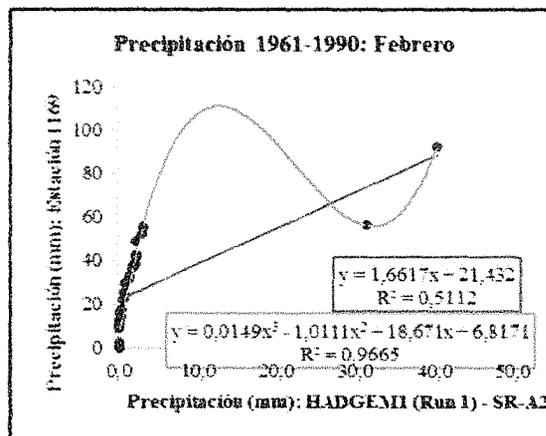
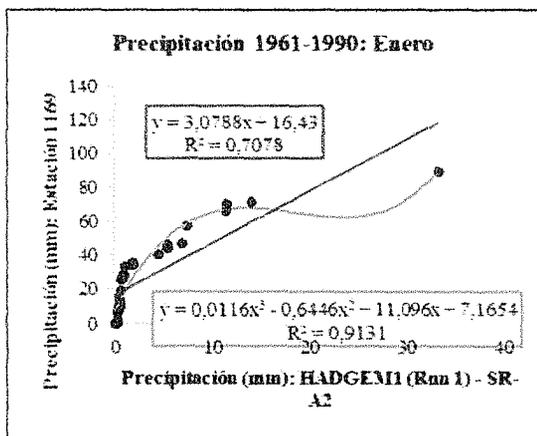
**Apéndice 2.2**  
**Regresión de los MGCA descargados y las estaciones locales**  
**MODELO HADGEM1 SR-A2 y estación El Cruce (1113)**



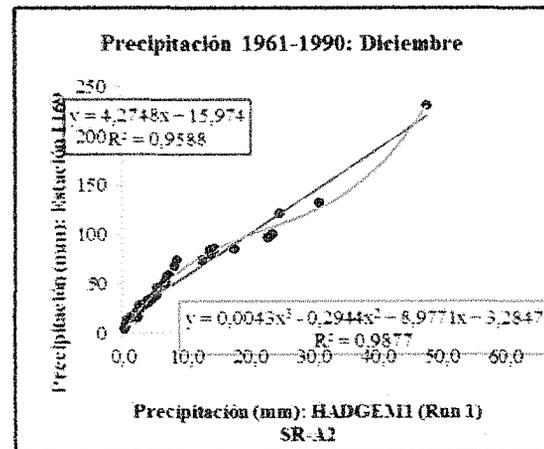
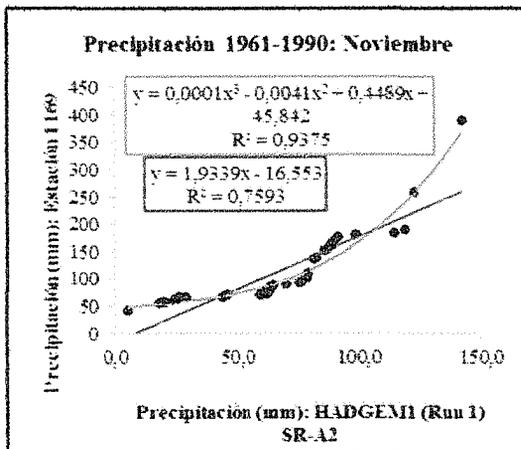
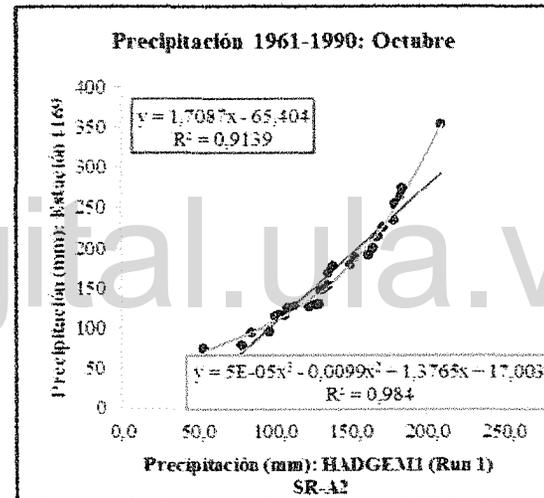
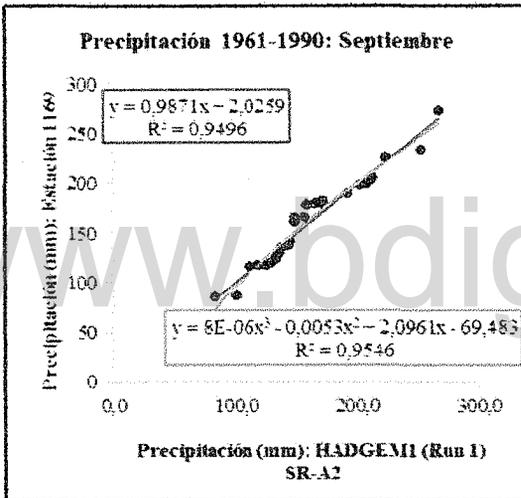
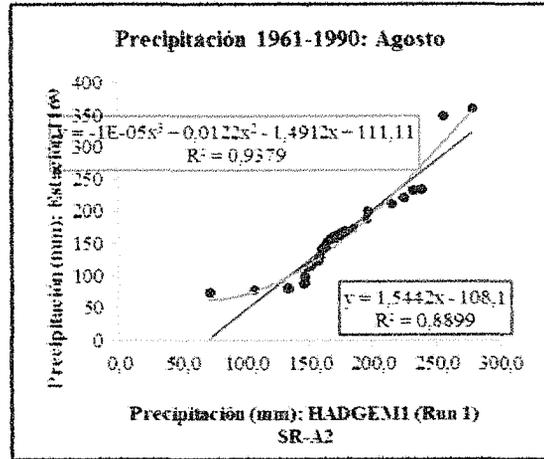
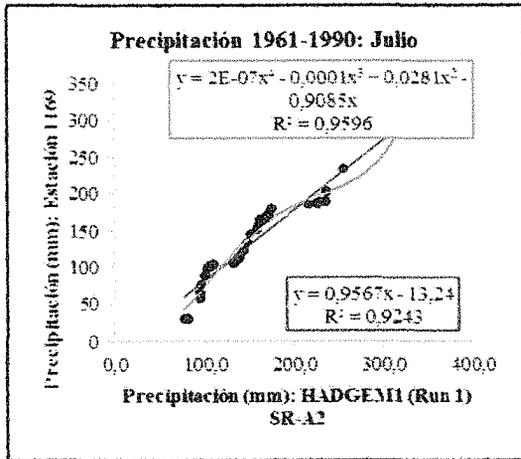
MODELO HADGEM1 SR-A2 y estación El Cruce (1113)



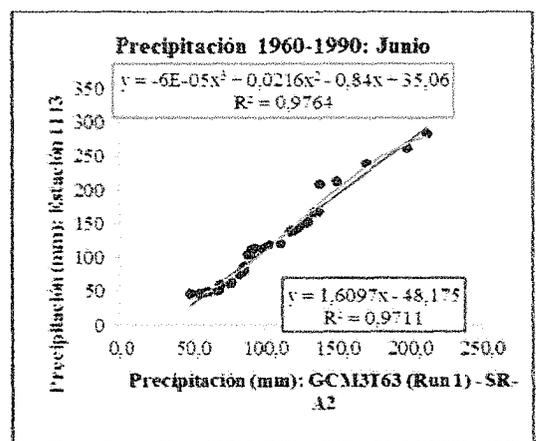
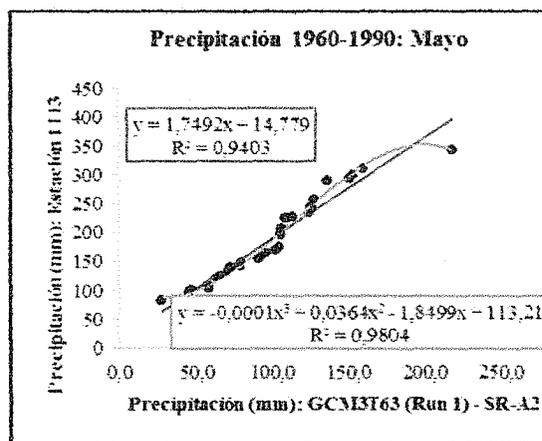
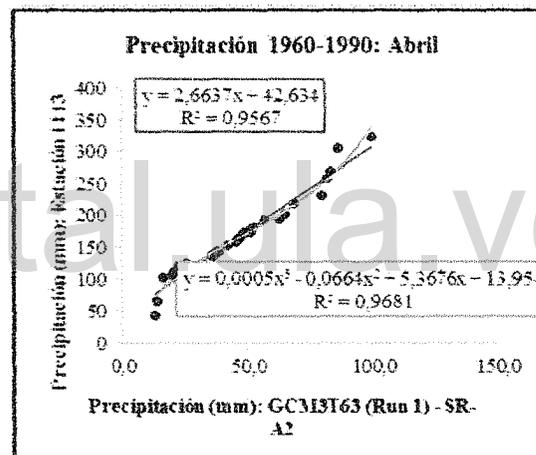
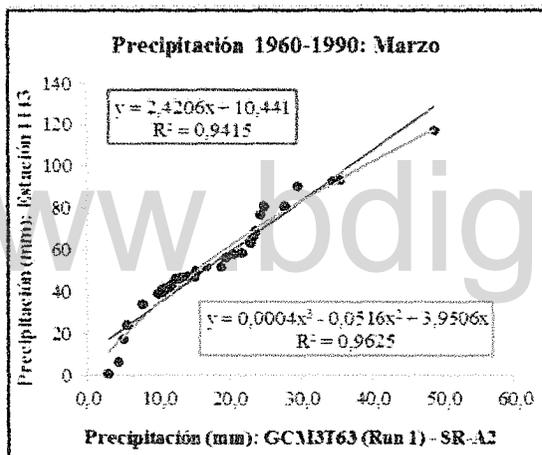
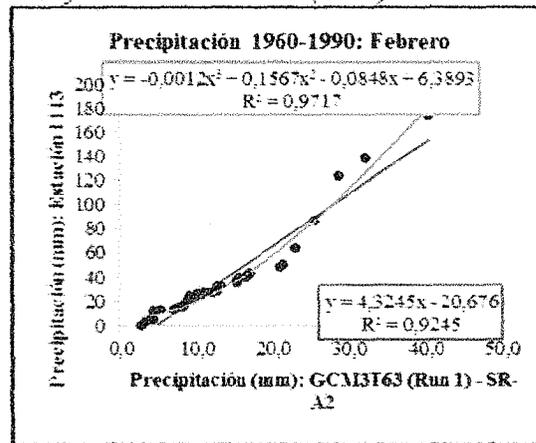
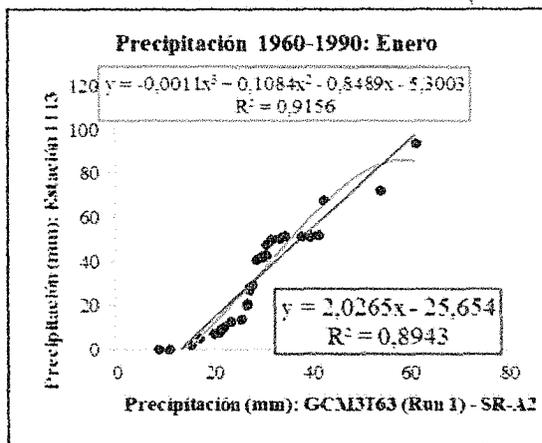
MODELO HADGEM1 SR-A2 y estación El Venado (1169)



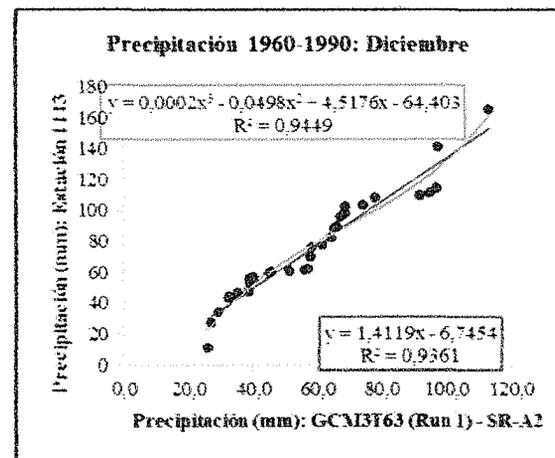
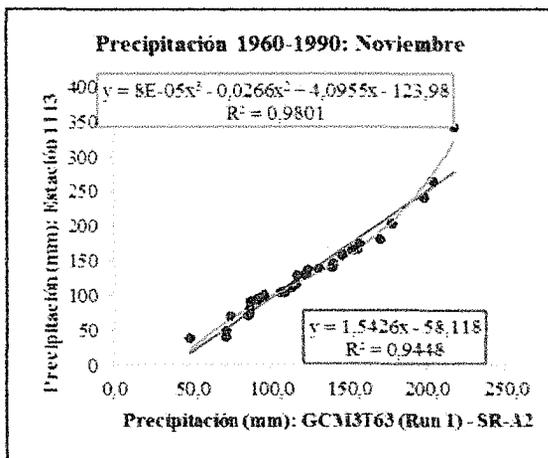
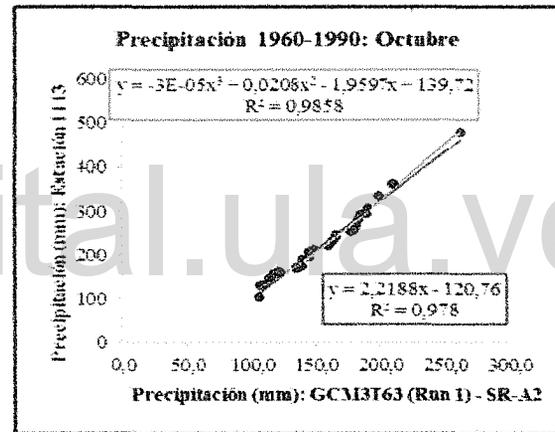
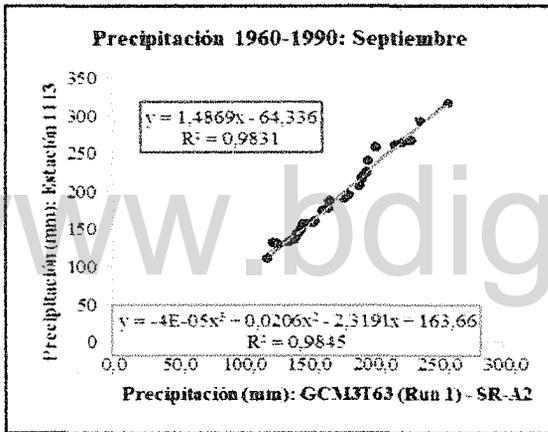
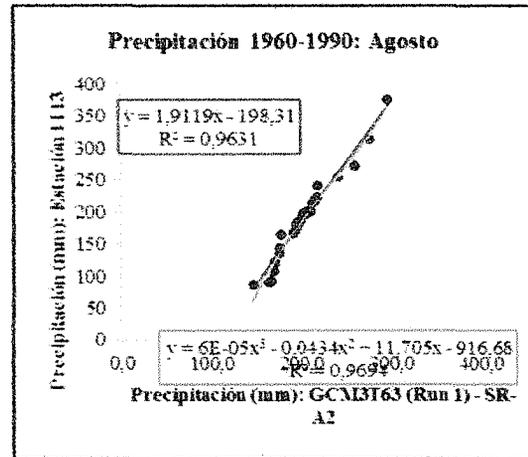
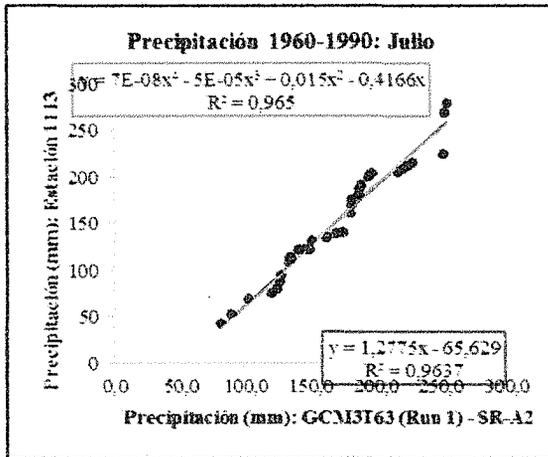
MODELO HADGEM1 SR-A2 y estación El Venado (1169)



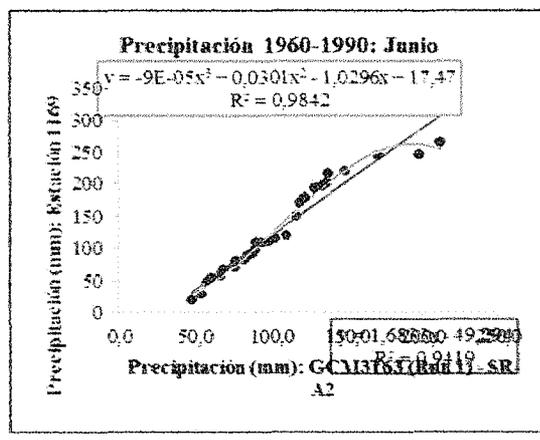
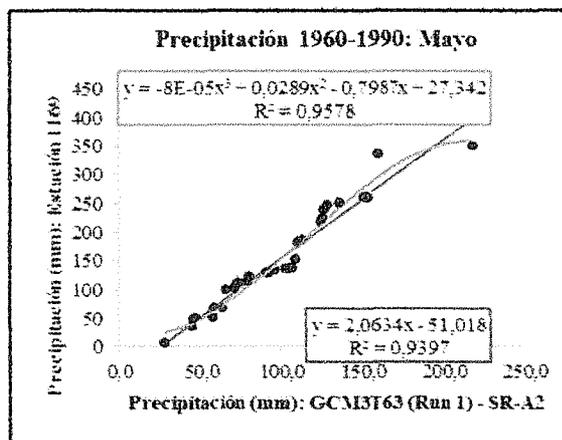
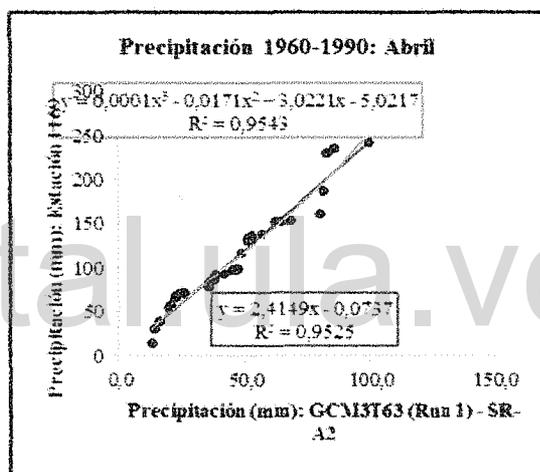
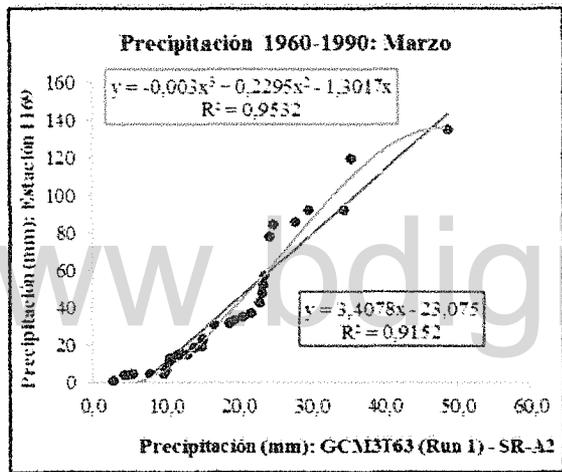
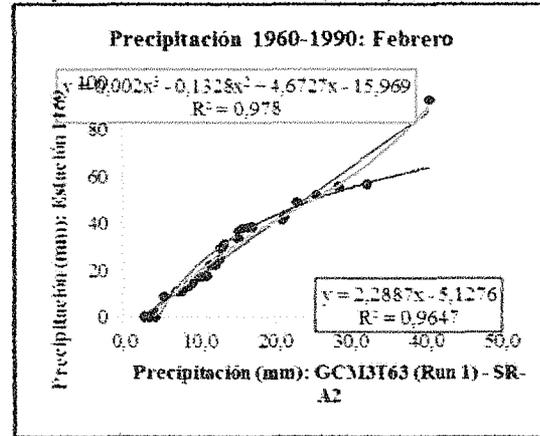
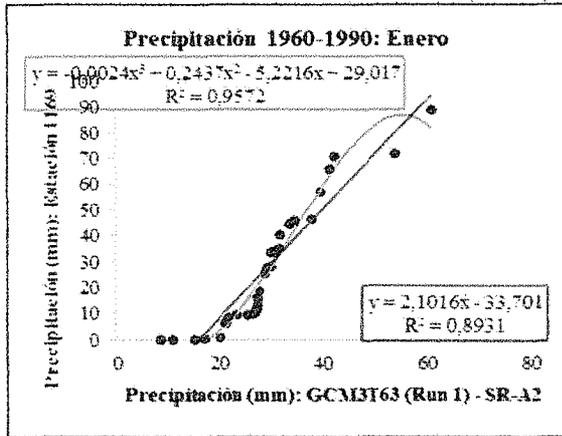
MODELO CGCM3T63 (Mean) SR-A2 y estación El Cruce (1113)



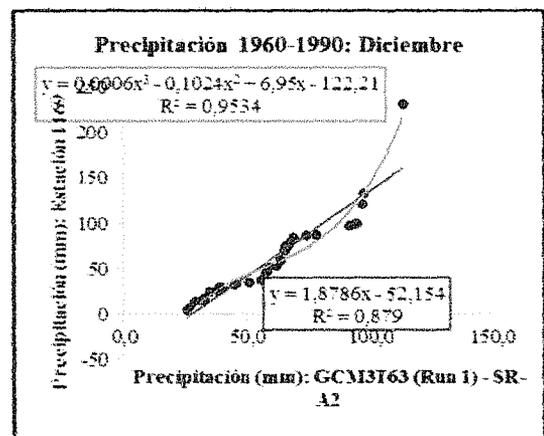
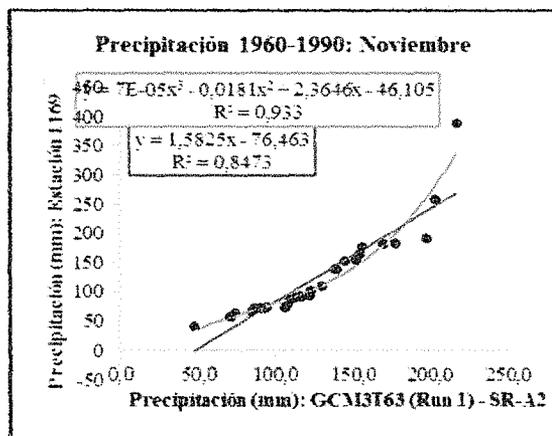
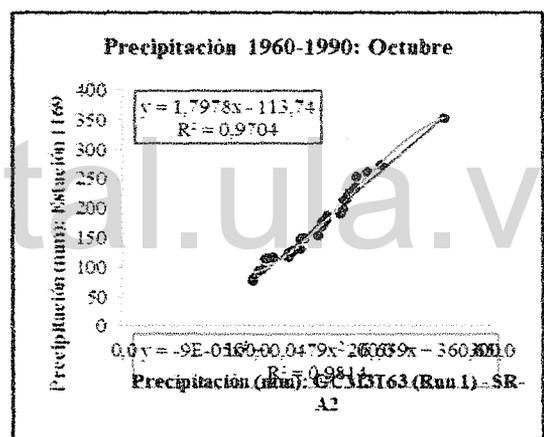
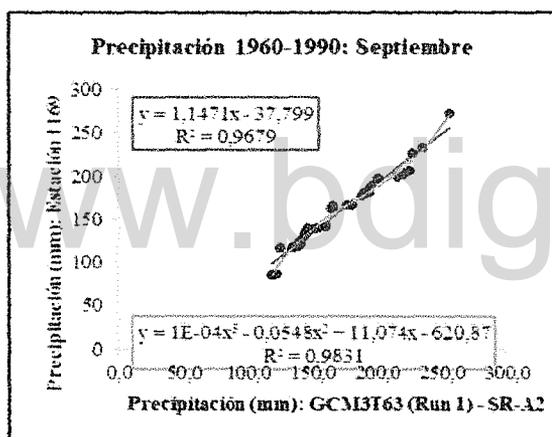
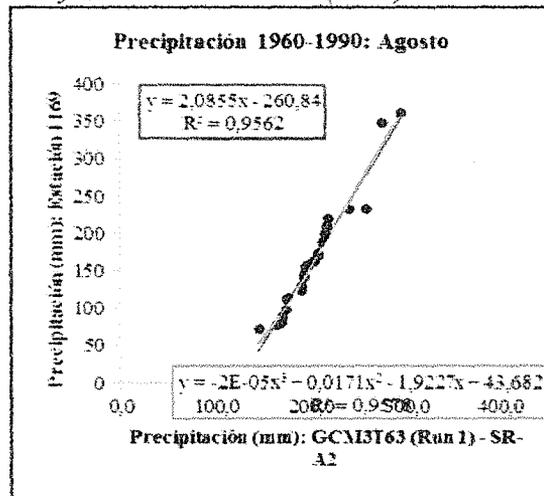
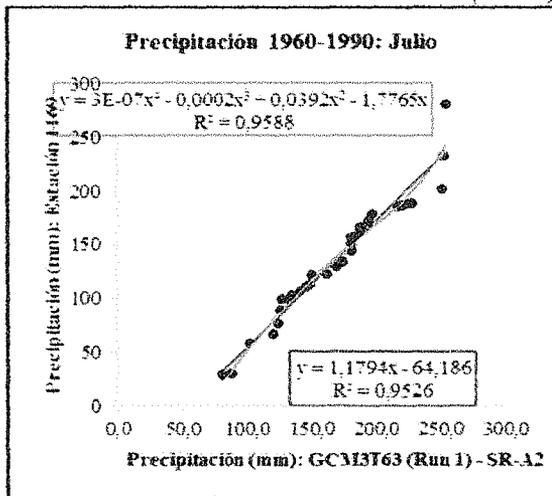
MODELO CGCM3T63 (Mean) SR-A2 y estación El Cruce (1113)



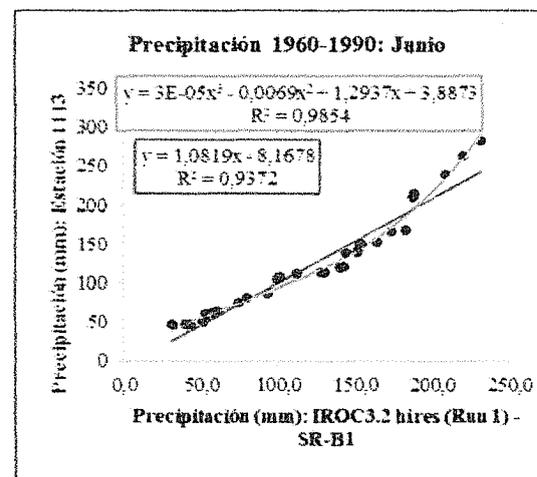
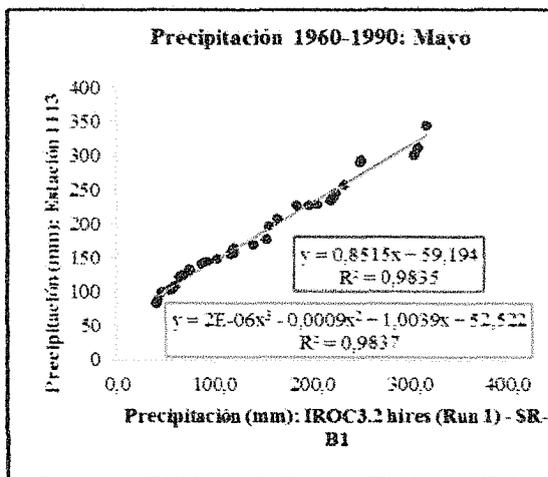
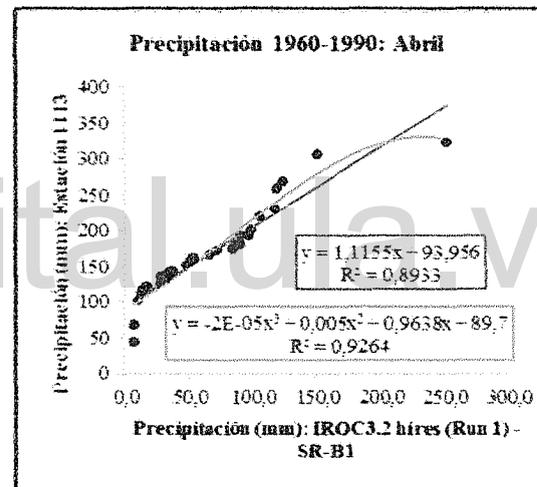
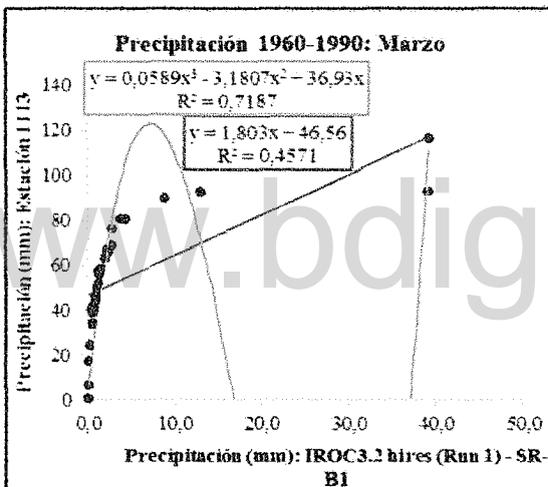
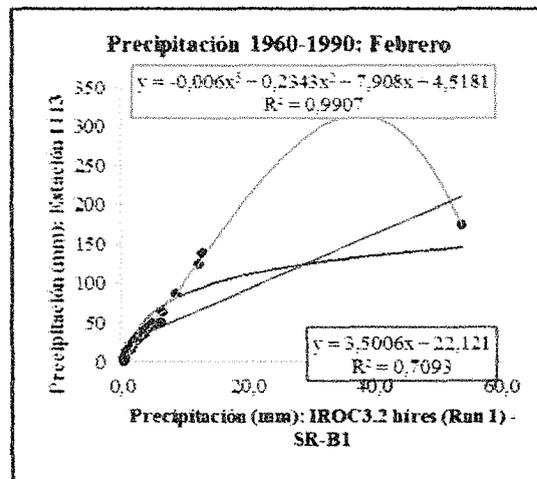
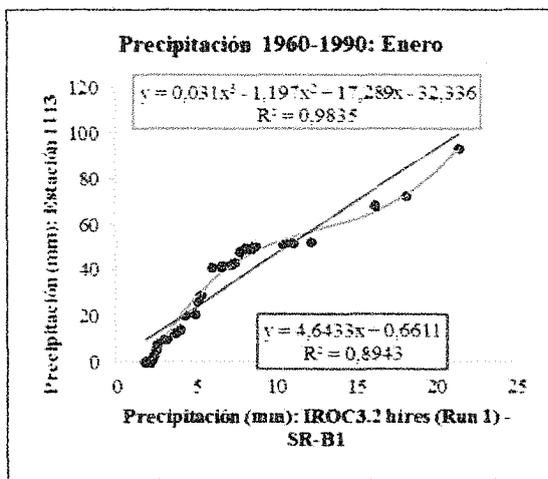
MODELO CGCM3T63 (Mean) SR-A2 y estación El Venado (1169)



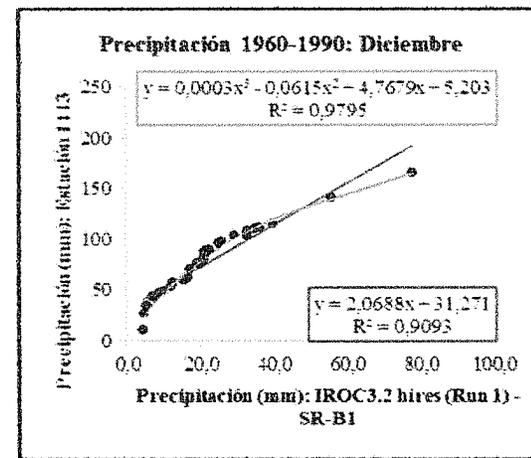
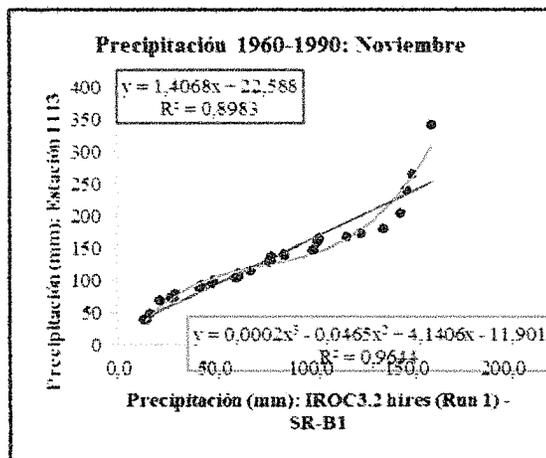
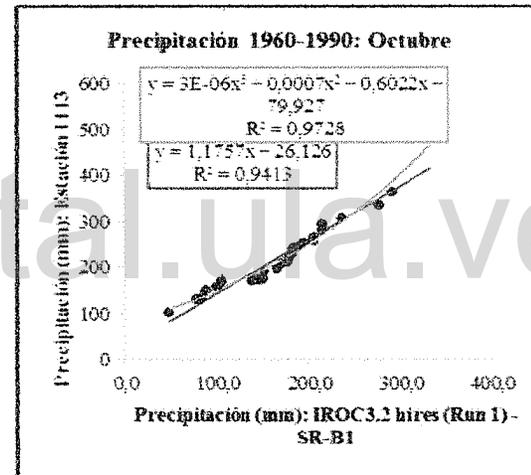
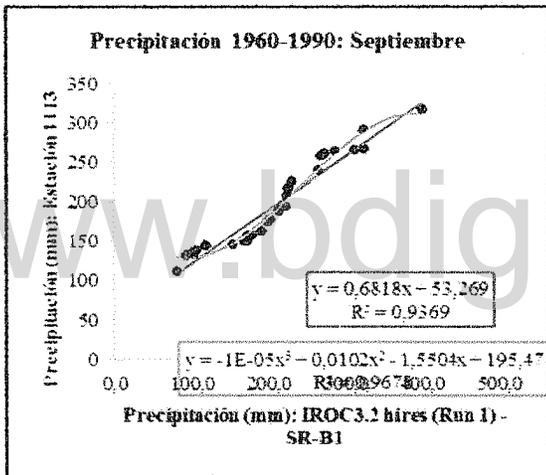
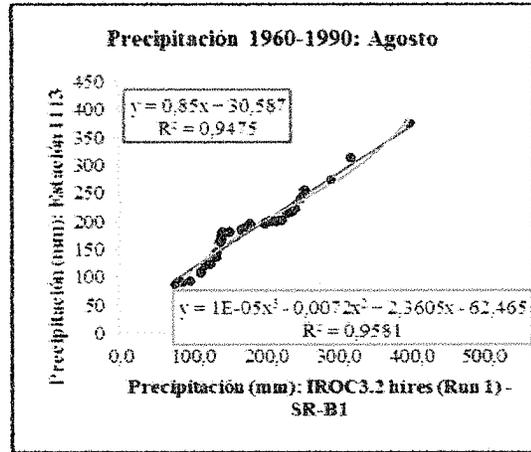
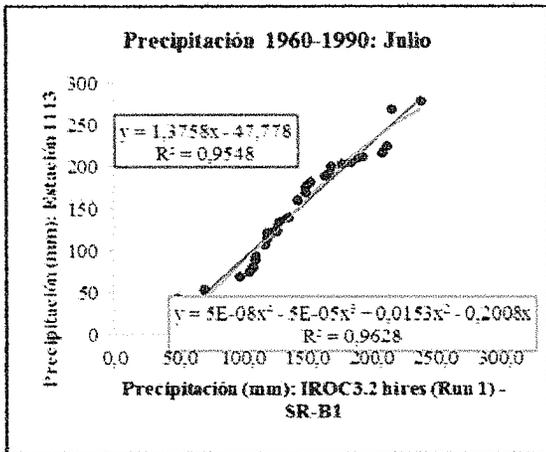
MODELO CGCM3T63 (Mean) SR-A2 y estación El Venado (1169)



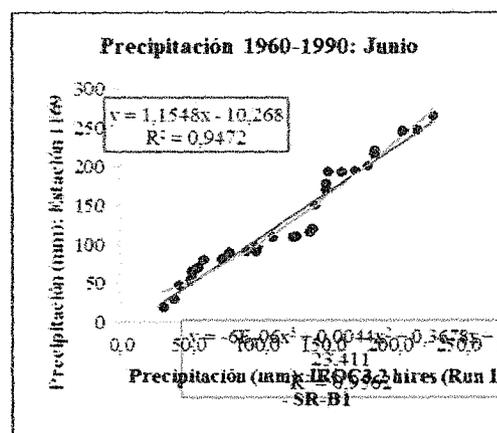
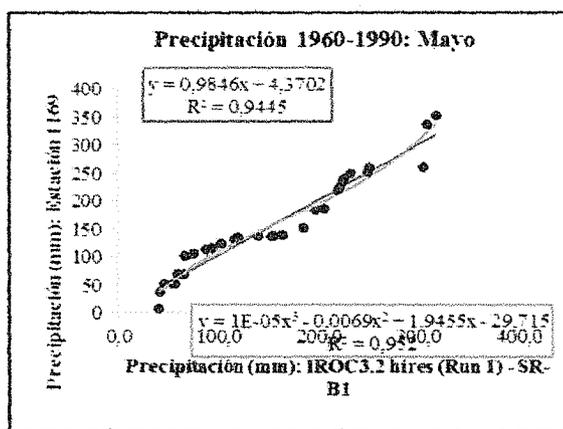
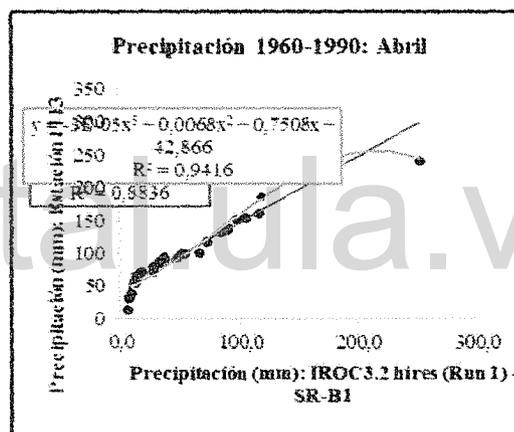
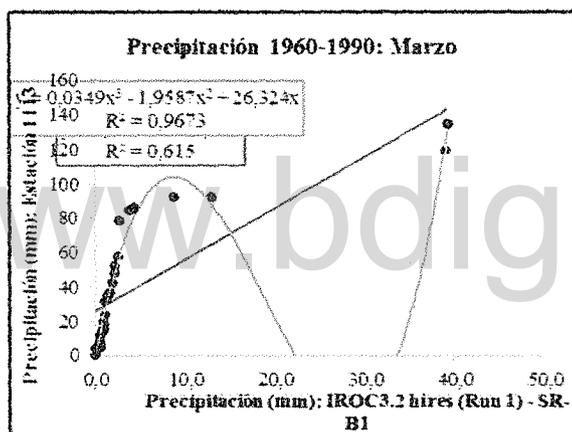
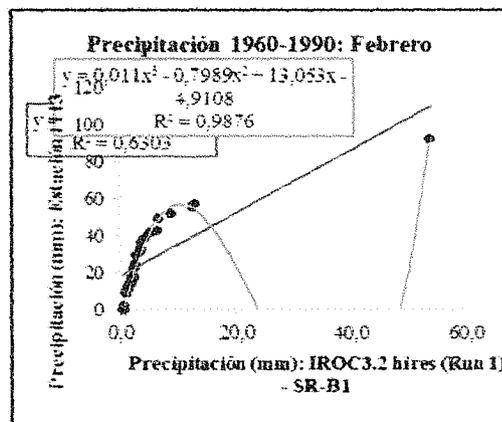
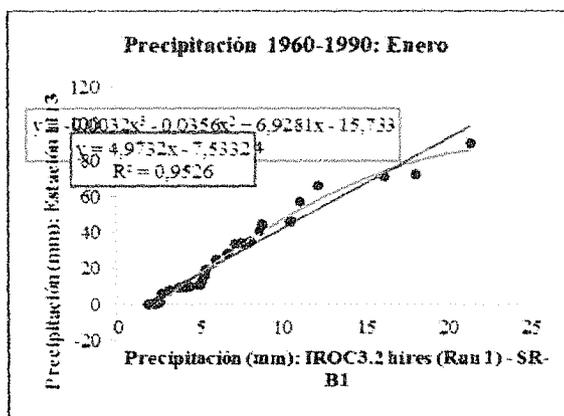
MODELO MIROC3.2 HIRES SR-B1 y estación El Cruce (1113)



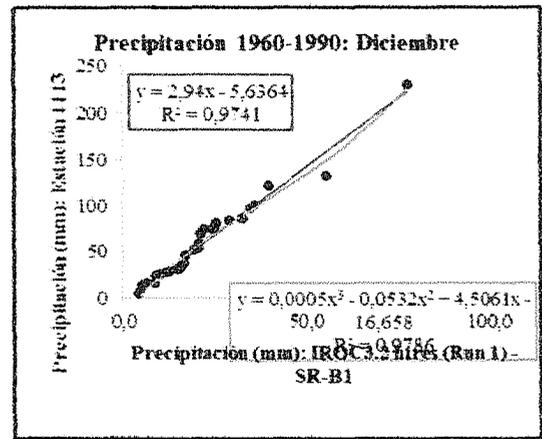
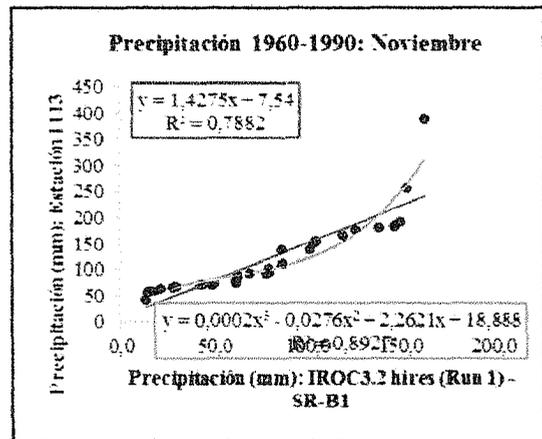
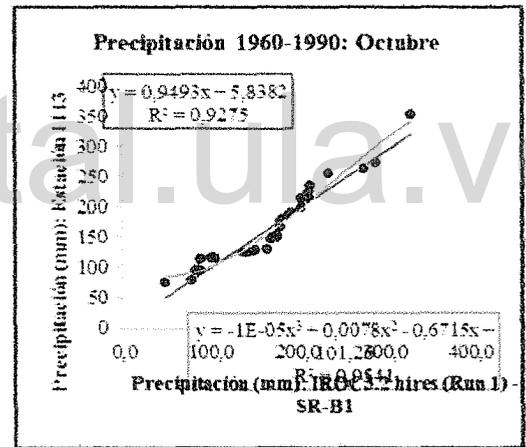
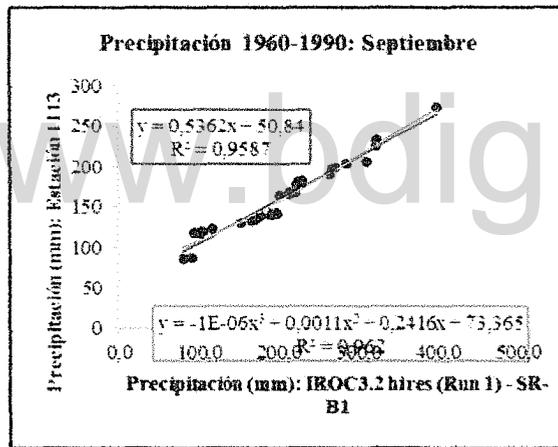
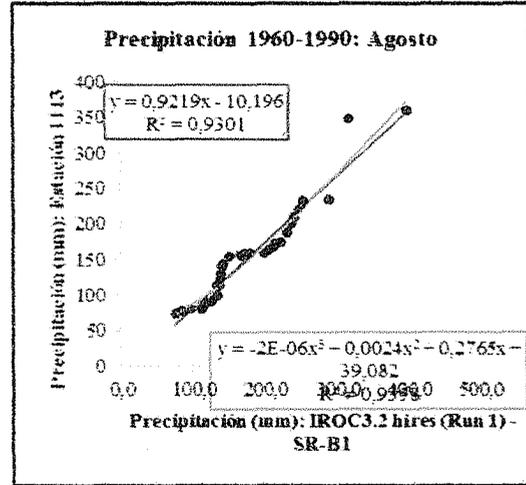
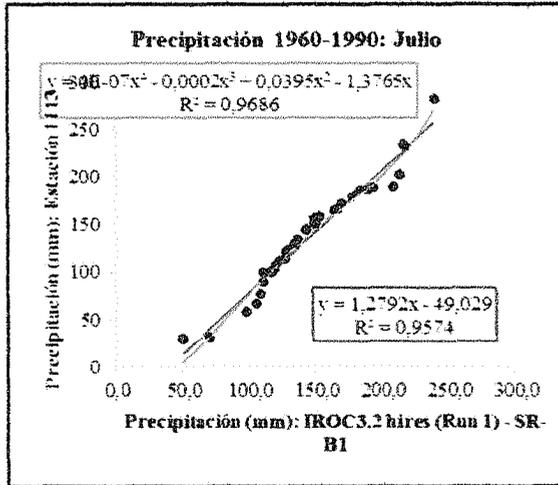
MODELO MIROC3.2 HIRES SR-B1 y estación El Cruce (1113)



MODELO MIROC3.2 HIRES SR-B1 y estación El Venado (1169)



MODELO MIROC3.2 HIRES SR-B1 y estación El Venado (1169)



**Apéndice 2.3**  
**Datos de precipitación en la cuenca del río Machango bajo escenarios de cambio climático**

*HADGEM1*

Estación El Cruce (1113)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
2015	0,0	0,0	88,8	194,9	308,6	148,8	123,2	149,6	128,0	264,6	67,9	29,3	1503,5
2016	0,0	0,0	77,0	172,6	149,1	57,0	129,7	195,4	142,7	155,0	92,4	61,9	1232,7
2017	15,6	0,0	32,3	101,2	171,5	88,5	31,0	267,1	195,0	164,8	181,5	166,2	1414,7
2018	27,8	12,4	32,1	101,6	154,9	50,6	71,9	167,8	227,1	183,6	115,2	30,3	1175,3
2019	18,7	10,6	0,2	115,2	91,7	40,0	38,1	126,5	210,0	403,4	98,5	92,5	1245,5
2020	0,0	16,1	33,3	102,0	131,4	57,4	85,9	152,7	223,7	132,9	93,6	140,1	1169,2
2021	17,0	0,0	33,6	110,2	122,5	40,0	155,5	142,0	112,1	248,5	118,8	29,6	1129,9
2022	0,0	10,1	0,0	147,1	42,0	40,0	41,2	81,6	241,4	198,6	149,2	28,8	980,1
2023	17,1	9,7	0,1	178,1	136,6	91,9	130,5	347,7	149,5	231,2	100,5	65,1	1458,0
2024	16,3	10,1	0,1	112,0	188,6	229,2	73,1	87,5	115,9	189,3	86,4	86,5	1195,2
2025	17,6	29,4	75,5	117,1	169,9	148,5	105,2	204,7	225,0	196,1	184,1	36,7	1509,8
2026	0,0	16,9	58,2	2,4	67,6	82,8	52,5	131,5	118,6	131,6	145,0	42,7	849,7
2027	15,8	0,0	0,1	222,8	140,7	129,8	159,2	168,9	108,6	164,8	163,1	106,7	1380,6
2028	16,3	0,0	0,3	102,1	294,5	188,3	154,2	229,7	119,2	192,4	43,3	113,8	1454,1
2029	34,9	9,5	38,4	307,2	102,7	56,4	139,6	195,7	180,3	141,9	76,0	308,4	1590,9
2030	29,4	10,7	0,2	102,9	23,1	40,8	39,5	166,1	127,1	277,4	270,0	124,7	1212,0
2031	32,2	13,8	32,2	133,2	122,9	42,5	181,4	202,2	109,0	190,2	222,6	114,7	1397,0
2032	42,1	17,5	35,7	119,4	197,9	65,3	179,6	175,1	110,8	194,1	55,4	77,9	1270,8
2033	16,1	12,2	0,1	104,0	94,2	48,1	200,4	111,2	123,8	171,1	226,3	43,3	1150,9
2034	15,5	10,2	45,8	101,1	147,6	175,4	63,5	134,6	186,8	273,7	341,6	31,5	1527,3
2035	17,1	12,1	75,5	140,4	40,5	88,7	96,0	162,2	159,5	112,5	129,8	36,1	1070,4
2036	17,7	15,8	32,9	100,5	102,0	144,0	62,7	145,4	65,9	109,1	100,5	36,5	933,1
2037	0,0	0,0	33,7	126,7	70,4	32,9	22,3	131,5	278,4	164,5	90,7	45,9	997,1
2038	0,0	11,5	0,0	100,7	101,7	66,5	17,3	220,8	121,2	166,8	50,0	28,7	885,2
2039	15,3	0,0	47,7	100,6	109,1	40,5	32,7	113,3	184,1	303,7	83,8	29,3	1059,9
2040	16,0	11,0	0,0	160,2	115,7	110,4	61,4	159,8	108,9	157,7	120,5	86,7	1108,2
2041	20,2	9,5	71,7	257,8	135,2	312,7	180,2	133,8	127,8	192,0	66,5	137,2	1644,5
2042	20,7	155,1	34,7	107,2	80,4	49,2	18,5	70,0	232,6	149,6	64,4	55,2	1037,6
2043	0,0	0,0	31,0	100,5	26,5	49,2	41,9	95,3	259,7	358,7	40,8	96,2	1099,8
2044	15,2	0,0	0,1	40,0	1,7	4,2	30,2	74,2	182,3	200,4	63,3	28,6	640,1

Estación El Venado (1169)

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
2015	0,0	0,0	99,9	139,4	293,5	168,1	112,9	116,1	109,9	202,9	60,4	5,7	1308,7
2016	0,0	0,0	68,1	118,3	116,1	53,3	118,8	164,6	125,0	104,8	75,3	38,3	982,6
2017	8,5	0,0	8,3	52,0	138,4	96,2	20,9	248,9	163,7	113,0	163,0	231,7	1244,6
2018	19,9	10,1	8,1	52,3	122,2	43,5	63,0	134,6	183,7	130,4	93,7	6,7	868,0
2019	11,3	8,8	0,3	64,7	34,5	22,8	25,8	94,8	173,1	307,6	79,8	70,3	893,8
2020	0,0	12,7	9,4	52,7	96,1	53,9	77,3	119,2	181,6	89,5	76,2	174,3	942,8
2021	9,7	0,0	9,8	60,1	84,7	23,8	141,0	108,8	85,3	189,3	96,9	6,0	815,5
2022	0,0	8,5	0,1	94,3	3,8	23,4	27,9	65,3	192,6	144,5	127,0	5,2	692,5
2023	9,8	8,2	0,1	123,5	102,3	100,6	119,5	347,1	131,0	174,3	81,4	41,5	1239,3
2024	9,1	8,5	0,2	61,8	154,5	241,9	64,2	67,8	92,8	135,7	71,2	63,8	971,5
2025	10,3	22,1	64,5	66,4	136,9	167,7	96,1	175,1	182,4	142,2	166,0	13,1	1242,8
2026	0,0	13,2	37,9	0,7	6,2	88,9	42,5	99,1	97,3	88,8	122,5	19,1	616,1
2027	8,6	0,0	0,1	165,9	106,9	146,8	144,0	135,8	75,9	113,0	142,1	87,2	1126,3
2028	9,1	0,0	0,4	52,8	271,2	208,4	139,9	204,1	98,2	138,6	50,0	97,8	1270,5
2029	26,8	8,0	15,0	244,4	54,8	52,3	127,5	164,9	154,0	95,2	64,8	437,3	1445,1
2030	21,4	8,9	0,3	53,5	2,1	26,3	26,7	132,8	108,8	213,4	274,0	131,1	999,3
2031	24,1	11,1	8,2	81,4	85,3	29,9	161,7	172,3	77,4	136,6	212,8	99,5	1100,1
2032	62,7	13,7	12,0	68,5	163,1	65,2	160,2	142,3	82,3	140,2	54,8	54,7	1019,8
2033	8,9	10,0	0,1	54,5	39,4	39,6	176,4	82,5	104,7	118,7	217,5	19,6	871,9
2034	8,3	8,5	23,2	51,9	114,5	195,9	54,2	101,9	158,4	210,3	388,8	7,8	1323,8
2035	9,8	9,9	64,5	88,0	3,7	96,5	87,3	128,8	139,0	79,0	107,2	12,5	826,2
2036	10,4	12,5	9,0	51,3	53,7	162,8	53,4	112,0	51,0	77,5	81,4	12,8	687,9
2037	0,0	0,0	9,8	75,3	6,4	13,4	15,1	99,1	218,3	112,8	74,1	22,3	646,6
2038	0,0	9,4	0,0	51,5	53,2	66,8	11,7	193,7	101,1	114,8	52,6	5,1	660,1
2039	8,1	0,0	25,3	51,4	65,4	25,4	22,1	84,1	156,6	234,2	69,5	5,7	747,8
2040	8,8	9,1	0,1	106,6	75,3	123,7	52,0	126,3	77,0	107,0	98,4	64,0	848,1
2041	12,7	8,0	57,0	198,9	100,6	297,0	160,7	101,2	109,6	138,3	59,8	167,3	1411,1
2042	13,2	72,4	10,9	57,4	7,4	41,4	12,5	62,4	187,1	100,7	58,7	31,6	655,6
2043	0,0	0,0	7,0	51,3	2,4	41,4	28,3	72,0	204,5	275,6	49,0	74,4	806,0
2044	8,0	0,0	0,2	12,3	0,2	1,7	20,4	63,1	155,4	146,2	58,3	5,0	470,7

CGCM3T63

Estación El Cruce (1113)

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
2015	19,6	13,1	54,7	171,5	89,1	92,0	164,2	154,8	134,4	178,8	112,5	60,8	1245,6
2016	27,2	34,9	89,4	118,6	221,4	95,0	79,6	168,6	150,9	317,9	81,9	9,7	1395,2
2017	0,0	12,1	0,3	221,7	106,2	176,0	132,2	176,2	250,2	128,0	106,6	9,0	1318,4
2018	0,0	18,0	9,5	36,4	77,7	63,3	100,5	71,8	142,0	152,7	72,6	46,2	790,8
2019	51,1	18,5	70,9	330,0	258,9	187,4	61,2	65,6	207,3	135,4	28,4	9,4	1424,0
2020	0,0	39,8	30,7	102,3	170,3	45,0	52,3	86,2	163,4	130,4	35,8	5,4	861,6
2021	0,0	9,3	22,7	99,1	305,0	108,7	144,6	268,6	200,4	178,4	87,8	78,2	1502,8
2022	8,4	34,9	39,3	107,6	240,0	94,1	149,8	141,6	176,6	241,9	348,2	65,7	1648,1
2023	4,5	9,6	47,5	42,8	71,2	57,2	112,7	70,9	200,5	154,0	160,6	43,2	974,7
2024	28,1	8,2	99,8	94,6	163,0	192,3	120,2	152,3	226,8	244,8	97,1	32,5	1459,7
2025	1,2	17,8	51,5	74,6	223,7	99,1	77,6	218,3	133,2	170,9	25,1	26,9	1119,9
2026	0,0	9,2	45,5	105,4	152,8	67,3	62,8	115,7	280,5	198,6	154,7	66,2	1258,7
2027	12,8	14,3	53,0	149,9	88,4	33,0	41,4	180,1	213,0	223,1	75,0	54,0	1137,8
2028	104,4	69,1	26,3	139,3	139,0	32,2	37,5	100,6	181,4	237,9	175,1	40,0	1282,9
2029	2,1	21,6	37,5	37,9	115,2	129,8	114,4	256,6	163,6	148,6	29,0	9,6	1065,9
2030	0,0	193,5	59,4	133,2	192,3	48,5	131,8	217,8	166,8	214,9	61,7	39,3	1459,3
2031	0,0	27,2	56,2	161,6	123,8	40,7	62,8	136,1	283,4	267,5	164,5	38,3	1362,0
2032	23,0	9,1	39,6	121,4	108,3	121,1	140,6	126,9	225,8	141,4	108,4	94,9	1260,6
2033	15,3	130,3	37,5	135,0	87,6	77,7	72,4	113,0	118,8	144,9	98,7	9,1	1040,3
2034	0,0	39,5	33,3	195,5	143,5	42,2	61,0	130,6	283,8	223,4	28,6	35,6	1217,0
2035	21,4	12,5	117,4	91,0	213,6	120,9	88,9	76,3	194,9	148,1	120,0	166,8	1371,9
2036	63,1	25,9	79,7	159,1	305,4	44,5	61,2	70,2	166,6	304,6	58,4	7,1	1345,8
2037	3,6	18,4	48,5	184,5	348,2	150,6	112,9	74,2	161,8	234,0	87,2	45,7	1469,5
2038	0,0	8,9	45,7	83,2	113,9	36,3	100,2	67,5	184,4	250,1	86,7	104,8	1081,6
2039	0,0	18,5	47,0	519,0	99,8	182,0	118,8	172,5	119,0	174,2	80,1	35,6	1566,4
2040	11,8	0,0	52,1	284,5	126,9	226,2	103,4	119,2	208,7	203,9	93,0	82,2	1511,8
2041	21,0	24,6	54,5	91,4	361,8	58,3	126,9	165,5	137,7	211,2	64,4	61,6	1378,8
2042	1,8	101,7	55,3	170,5	89,1	45,3	64,1	78,0	192,6	211,8	83,6	37,0	1131,0
2043	17,7	21,5	28,0	83,3	108,5	40,2	155,0	155,0	104,8	249,0	131,1	38,5	1132,7
2044	0,0	15,2	258,6	416,1	145,6	96,8	71,4	119,1	164,3	235,7	42,3	64,6	1629,6

Estación El Venado (1169)

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
2015	10,2	11,1	27,8	117,5	32,8	99,0	146,5	120,2	114,1	125,1	91,3	37,9	933,4
2016	18,2	30,3	105,1	65,9	190,7	102,8	73,4	133,7	133,3	249,2	68,5	3,3	1174,2
2017	0,0	9,3	0,4	167,9	59,9	197,1	121,4	141,6	197,7	90,5	86,3	3,0	1075,1
2018	0,0	17,5	4,7	11,2	7,1	61,6	94,4	61,0	123,8	105,0	62,7	24,3	573,1
2019	46,9	18,0	59,3	247,1	231,5	208,8	51,5	55,7	172,5	94,1	38,0	3,2	1226,7
2020	0,2	32,9	5,2	52,6	134,9	18,3	39,1	67,9	144,4	91,6	38,7	1,8	627,8
2021	0,0	3,3	3,2	50,1	283,1	119,9	131,2	257,1	168,7	124,8	72,3	53,0	1266,8
2022	0,6	30,3	10,2	56,8	210,8	101,6	135,2	108,3	154,1	180,9	395,6	42,2	1426,8
2023	0,0	4,1	18,1	13,2	6,5	53,4	105,3	60,3	168,7	105,9	141,7	21,2	698,3
2024	19,2	0,0	125,5	46,7	126,9	213,7	111,6	117,8	183,3	183,6	78,9	9,8	1217,0
2025	0,0	17,2	23,2	32,4	193,1	108,0	71,3	191,2	112,4	118,7	36,3	3,5	907,2
2026	0,0	3,0	15,9	55,0	115,5	66,9	53,6	87,7	222,7	142,0	134,8	42,7	939,7
2027	3,9	12,8	25,2	95,1	30,8	13,4	21,9	145,8	175,6	163,8	64,2	31,7	784,2
2028	100,5	44,6	3,8	84,6	99,7	13,1	25,3	77,1	157,3	177,3	158,9	17,9	960,2
2029	0,0	21,0	9,0	11,7	71,4	145,4	106,7	241,4	144,5	102,2	38,4	3,2	894,9
2030	0,0	103,0	35,6	78,9	159,1	41,4	121,1	190,6	147,1	156,4	56,3	17,1	1106,5
2031	0,0	25,4	30,1	107,1	81,9	16,5	53,6	103,6	225,7	204,4	146,2	16,1	1010,6
2032	13,7	2,6	10,5	68,3	62,7	134,9	128,1	96,1	182,8	97,6	87,7	71,3	956,4
2033	6,1	65,8	9,0	80,6	26,6	80,5	65,3	85,7	88,0	99,8	80,1	3,1	690,6
2034	0,0	32,7	6,4	142,7	104,9	32,6	51,3	99,1	226,2	164,1	38,1	13,1	911,3
2035	12,0	10,1	134,7	44,0	182,2	134,7	83,2	64,8	165,5	101,9	98,1	232,3	1263,5
2036	62,3	24,5	80,8	104,4	283,6	35,8	51,5	58,7	146,9	237,6	54,4	2,4	1143,1
2037	0,0	17,8	19,3	131,4	339,3	169,4	105,4	63,0	143,1	173,7	71,9	23,7	1258,2
2038	0,0	2,0	16,1	38,4	69,8	14,7	94,0	57,3	159,2	188,5	71,6	86,4	798,1
2039	0,0	18,0	17,6	418,5	51,1	203,3	110,4	137,7	88,3	121,4	67,3	13,2	1246,7
2040	3,1	0,0	24,0	217,4	85,6	243,6	97,0	90,2	173,3	146,6	75,9	56,8	1213,6
2041	11,6	23,5	27,4	44,3	373,1	54,9	117,1	130,6	118,5	153,1	57,8	38,6	1150,6
2042	0,0	55,5	28,7	116,5	32,9	37,0	55,2	63,1	164,2	153,7	69,5	14,7	791,1
2043	8,3	20,9	4,3	38,5	62,9	29,7	139,3	120,4	81,1	187,5	109,0	16,3	818,2
2044	0,0	14,0	334,2	325,2	107,3	105,1	64,2	90,1	145,1	175,3	45,5	41,3	1447,3

### MIROC3.2

Estación El Cruce (1113)

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
2015	72,1	24,1	25,8	100,4	147,4	78,5	89,7	248,9	176,2	215,4	95,6	8,9	1283,1
2016	21,5	7,9	0,0	125,3	120,3	141,8	332,7	123,4	176,5	176,9	85,6	111,8	1423,6
2017	43,0	0,0	65,2	137,9	347,4	166,8	78,2	197,9	158,7	401,8	111,7	37,2	1745,8
2018	29,3	12,8	48,7	311,3	300,7	291,2	150,1	88,3	175,4	136,1	128,6	9,8	1682,1
2019	47,8	13,3	38,0	139,3	247,0	148,5	106,2	238,1	130,7	217,0	31,9	58,0	1415,7
2020	61,1	21,1	60,8	144,6	41,6	113,5	57,4	195,7	73,4	214,8	352,4	67,2	1403,6
2021	10,6	238,3	102,1	131,4	203,9	84,2	306,9	118,8	143,3	116,6	168,0	90,5	1714,5
2022	0,5	13,0	25,4	164,7	283,0	119,3	216,2	223,0	172,6	217,6	143,3	121,1	1699,8
2023	49,3	28,6	32,3	113,9	173,7	68,9	64,5	69,9	128,3	100,7	130,9	28,0	989,0
2024	58,0	115,9	104,0	138,2	100,2	85,2	221,0	199,5	192,4	184,0	483,9	78,6	1960,7
2025	10,1	9,8	85,3	304,2	367,6	282,8	214,6	161,8	172,2	334,7	118,8	142,8	2204,7
2026	38,7	10,7	89,8	142,5	145,0	161,3	87,5	243,5	221,8	163,2	161,0	53,4	1518,6
2027	33,4	11,2	23,1	234,3	141,3	131,1	259,8	207,1	184,7	291,8	63,8	80,9	1662,8
2028	46,1	153,1	60,2	136,9	167,2	123,1	131,9	219,0	152,0	209,7	133,2	34,7	1567,2
2029	35,8	29,7	26,1	27,0	218,2	128,8	25,5	112,1	128,6	144,9	36,4	8,0	921,2
2030	6,2	46,8	40,1	245,8	245,3	112,1	97,6	225,6	128,3	119,8	33,8	7,0	1308,4
2031	0,0	10,3	176,5	123,7	321,3	117,2	242,2	146,4	138,3	391,7	387,9	95,2	2150,6
2032	42,0	14,7	103,7	98,4	117,6	122,3	196,0	208,2	200,8	258,4	123,8	42,5	1528,4
2033	28,7	34,7	47,7	257,7	315,0	111,4	206,4	214,3	145,0	199,1	114,8	29,5	1704,3
2034	21,2	8,7	60,4	196,6	127,4	70,0	98,4	248,2	209,3	205,0	135,6	56,5	1437,4
2035	18,6	0,0	30,4	195,8	204,6	149,7	213,6	225,1	168,5	240,5	92,2	34,3	1573,2
2036	25,2	34,8	96,7	153,4	232,3	77,6	47,7	192,0	211,5	127,5	109,8	32,1	1340,6
2037	36,3	9,9	73,1	297,4	136,6	132,6	112,8	188,2	130,4	211,5	138,8	35,6	1503,2
2038	10,7	14,1	69,3	104,1	170,8	186,9	132,8	174,3	149,4	178,9	37,8	24,7	1253,6
2039	0,3	12,7	63,0	100,9	196,3	73,6	179,1	171,6	137,0	283,4	90,0	65,4	1373,4
2040	28,2	11,0	35,2	145,4	96,0	88,5	121,6	153,3	147,7	129,3	127,8	33,7	1117,5
2041	12,7	11,1	41,6	216,6	198,6	166,9	67,3	120,8	128,6	175,3	43,9	40,5	1223,9
2042	5,6	19,6	0,0	283,1	243,1	126,6	195,6	244,5	152,4	292,8	128,2	82,5	1774,0
2043	0,3	10,5	40,3	100,7	157,2	131,5	127,1	180,6	179,5	120,4	20,4	5,4	1073,8
2044	0,0	25,9	27,3	175,1	93,0	102,1	126,9	166,2	148,2	146,8	153,1	49,3	1213,8

Apéndice 2-30

Estación El Venado (1169)

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
2015	79,0	21,2	0,0	51,5	111,5	78,5	84,4	235,5	152,4	157,7	76,7	3,0	1051,5
2016	12,5	0,4	0,0	73,2	79,0	160,3	331,3	94,9	152,6	122,3	71,2	96,0	1193,7
2017	32,8	0,0	50,5	84,9	356,1	185,9	73,5	162,9	140,6	307,6	86,9	13,9	1495,5
2018	18,7	7,5	29,2	248,1	284,4	274,3	134,1	76,3	151,9	92,8	104,6	3,3	1425,2
2019	39,6	8,2	15,4	86,1	212,2	167,6	98,7	219,8	113,4	159,1	34,6	34,3	1189,0
2020	67,2	18,0	44,8	91,1	3,8	126,1	51,0	160,1	56,8	157,1	399,8	43,7	1219,6
2021	5,3	5,4	100,3	78,9	168,3	86,2	307,4	92,1	128,3	86,2	156,9	68,9	1284,0
2022	0,0	7,9	0,0	110,2	257,5	133,6	189,6	197,5	150,0	159,8	125,0	110,3	1441,4
2023	42,1	25,9	8,1	63,1	139,1	66,7	59,3	59,4	103,6	74,2	107,7	5,1	754,2
2024	60,7	56,3	103,3	85,1	51,2	87,5	194,4	165,0	162,6	128,5	533,2	55,7	1683,4
2025	4,9	3,4	77,1	242,4	379,3	265,4	188,1	123,8	149,8	262,2	93,0	157,4	1946,8
2026	27,7	4,6	83,1	89,1	108,9	180,6	82,3	227,7	180,6	110,8	148,2	29,8	1273,6
2027	22,4	5,4	0,0	177,7	104,7	148,2	248,4	175,1	157,8	227,6	59,5	58,2	1385,0
2028	36,9	48,9	44,1	83,9	132,6	138,5	119,8	191,7	135,6	152,3	110,9	11,5	1206,6
2029	24,6	26,9	0,3	8,3	182,2	145,4	17,2	88,2	108,0	97,8	39,5	2,7	741,1
2030	2,6	40,3	18,1	188,8	210,3	124,3	91,3	201,2	103,7	86,8	36,6	2,4	1106,4
2031	0,0	4,0	233,4	71,8	320,4	130,9	218,2	110,8	123,4	301,5	435,8	74,4	2024,6
2032	31,5	10,1	106,5	49,9	75,5	137,4	171,4	176,5	167,8	198,0	98,4	19,1	1242,1
2033	18,1	31,4	27,8	200,2	308,8	123,4	180,5	185,0	129,8	142,3	89,4	6,5	1443,3
2034	12,3	1,7	44,3	140,9	88,1	68,0	92,1	234,5	173,0	147,8	114,3	32,9	1149,9
2035	10,4	0,0	5,7	140,2	169,0	168,8	187,1	200,6	147,3	181,4	74,8	11,1	1296,4
2036	15,3	31,4	92,6	99,3	196,4	77,5	38,1	155,7	174,3	89,0	85,6	8,9	1064,2
2037	25,2	3,5	60,8	236,7	99,2	149,8	104,2	151,1	112,9	153,9	118,7	12,3	1228,6
2038	5,3	9,3	55,9	54,7	136,2	203,7	120,4	135,8	133,5	123,9	40,9	1,9	1021,5
2039	0,0	7,5	47,7	51,9	161,1	72,4	157,3	133,1	122,1	220,4	73,6	41,8	1088,8
2040	17,7	5,0	11,9	91,8	45,0	92,0	111,4	116,3	132,1	89,7	103,5	10,5	826,9
2041	6,6	5,2	20,1	160,4	163,2	185,9	62,3	93,3	107,7	120,9	49,0	17,1	991,6
2042	2,3	16,2	0,0	224,0	207,9	142,7	171,1	229,1	135,9	228,4	104,1	59,9	1521,6
2043	0,0	4,3	18,4	51,8	122,2	148,6	115,9	142,5	154,5	86,9	22,1	1,8	868,9
2044	0,0	23,2	1,8	120,1	40,4	110,8	115,7	127,8	132,5	99,0	138,1	25,7	935,0

## Apéndice 2.4. Temperatura.

### 2.4.1 Temperatura estación El Venado (1961 – 1972)

El Venado (1169): temperatura (°C)

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
1961	27,9	28,8	29,3	29	29,7	28	27,4	28,5	27,2	26,7	26,6	27,7	28,1
1962	28,1	28,4	28	29,1	27,9	27,5	28,1	27,7	27,8	27,9	27,4	27,4	27,9
1963	27,5	27,7	28,8	27	26,5	27,3	27	27,2	27,3	26,6	25,6	26,8	27,1
1964	27,4	27,6	28,4	27	27,2	26,5	26,3	26,3	26,4	25,8	26,3	25,6	26,7
1965	25,4	26,9	27,8	26,9	26,2	27,3	28,1	27,2	26,4	26,4	25,7	26,6	26,7
1966	27,5	28,5	28,7	27,5	24	23	24,8	25,1	24,6	24	24	24	25,5
1967	25	25	25,4	26	27	27	26,9	26,6	25,9	25,9	25,7	25,8	26,0
1968	26,2	26,6	27	26	26	26	26,4	26,3	26	26	26,5	27	26,3
1969	28	29	30	27	28	27,5	27,7	26,5	27,4	26,1	26,2	26,3	27,5
1970	26,8	26,5	27,2	27,5	26,4	26,7	26,3	26,4	26	25,6	25	25,5	26,3
1971	25,8	26,4	26,8	26,7	25,8	27,3	27,3	26,9	26,2	25,9	26,9	26,8	26,6
1972	26,7	27,3	27,3	26,8	27,7	28,7	29,1	28,2	28,3	28	27,2	27	27,7

### 2.4.2 Temperatura en los tres MGCA (1961 – 2044):

HADGEMI

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
1961	22,2	23,7	24,9	26,2	24,9	23,8	23,2	23,7	23,8	23,5	22,4	21,2	23,6
1962	21,3	23,7	24,9	26,3	25,3	24,0	23,7	23,7	23,6	23,0	22,9	21,7	23,7
1963	22,7	24,5	25,6	27,1	25,7	24,0	23,4	23,9	23,9	23,4	23,0	21,0	24,0
1964	22,5	23,7	25,6	26,4	25,1	24,1	24,1	24,6	24,0	23,4	22,8	21,6	24,0
1965	22,4	23,8	25,6	27,3	26,9	24,4	24,2	24,2	24,6	23,5	22,8	22,5	24,4
1966	23,1	24,3	25,3	25,6	26,7	27,0	24,6	24,0	24,0	23,1	22,6	21,7	24,3
1967	22,6	24,2	25,4	27,2	25,3	24,2	23,5	24,3	24,5	24,0	22,8	21,6	24,1
1968	22,3	24,3	25,4	26,2	27,0	23,9	23,3	23,8	24,1	23,2	23,3	22,6	24,1
1969	23,1	24,3	24,9	25,9	26,4	23,6	24,2	24,5	23,7	23,3	23,0	21,8	24,1
1970	22,5	24,6	24,7	26,7	26,5	23,4	23,5	23,7	23,4	23,2	22,7	21,6	23,9
1971	22,9	24,1	25,0	26,1	25,0	24,2	23,9	23,9	23,9	23,5	23,1	21,9	24,0
1972	23,1	23,1	25,2	26,3	26,5	24,7	24,5	23,9	23,8	23,3	22,1	20,9	23,9
1973	22,0	23,0	23,9	25,4	25,3	24,8	24,0	24,7	25,4	24,2	24,0	23,8	24,2
1974	24,1	24,3	26,6	25,7	27,5	26,0	25,6	25,8	24,0	24,0	23,0	22,3	24,9
1975	22,9	23,3	24,4	26,0	26,8	25,9	24,7	24,7	24,6	24,4	23,5	23,3	24,5
1976	22,9	24,7	25,3	25,1	24,9	24,1	24,3	24,2	24,6	24,2	23,4	22,5	24,2
1977	23,6	24,9	26,1	26,4	26,4	25,7	24,5	24,7	25,2	23,4	23,6	22,3	24,7
1978	23,7	25,1	25,1	26,4	27,0	24,2	23,9	23,8	24,1	23,4	22,9	21,2	24,2
1979	23,2	24,2	25,6	26,6	25,9	24,7	24,6	24,3	24,4	24,7	24,3	25,0	24,8
1980	24,7	24,6	26,0	27,4	26,1	25,4	24,3	24,5	24,3	23,7	23,4	22,2	24,7
1981	22,3	23,9	26,3	28,7	26,4	24,8	24,8	24,7	24,9	24,9	24,0	23,1	24,9

*HADGEMI*

1982	24,1	24,9	26,3	26,4	26,4	24,7	24,6	24,0	24,5	24,3	23,2	23,3	24,7
1983	24,5	24,5	26,1	26,6	26,4	25,9	24,9	24,9	24,4	24,6	24,1	23,7	25,0
1984	23,4	24,9	26,4	28,1	27,5	26,3	24,1	24,0	24,3	24,0	23,4	23,3	25,0
1985	23,9	24,4	25,7	28,2	28,2	26,2	24,4	24,6	24,5	24,2	23,8	23,2	25,1
1986	24,6	25,5	25,8	27,1	25,9	25,9	24,9	25,1	25,1	24,2	24,1	23,0	25,1
1987	24,7	25,8	26,6	27,0	27,0	26,9	24,9	24,6	24,5	23,6	23,6	23,1	25,2
1988	22,9	24,1	26,3	26,5	27,1	25,0	25,0	24,9	24,1	24,0	23,1	23,1	24,7
1989	24,4	24,8	25,4	26,8	25,9	25,1	24,4	24,2	25,0	24,4	24,2	23,5	24,9
1990	24,4	25,2	24,9	28,0	26,9	27,1	26,5	25,3	25,5	24,1	24,1	23,7	25,5
1991	24,4	24,6	26,0	27,3	27,2	26,1	25,4	25,4	24,7	24,0	24,0	22,9	25,2
1992	24,0	24,9	25,5	27,0	27,1	27,2	26,5	26,0	25,9	23,8	23,2	21,8	25,2
1993	22,6	23,5	23,9	25,8	26,1	26,2	26,2	25,1	25,2	24,5	24,3	23,7	24,7
1994	24,2	25,1	25,4	26,8	26,4	27,1	25,9	26,8	26,5	24,8	24,7	25,6	25,8
1995	25,0	26,4	27,1	28,0	27,9	26,3	25,8	25,5	25,4	24,8	23,6	24,0	25,8
1996	25,0	25,0	25,4	27,0	26,1	26,6	25,5	25,9	25,8	25,0	24,6	24,0	25,5
1997	24,3	25,0	26,3	27,6	28,1	26,9	25,1	24,7	25,2	24,6	23,8	23,1	25,4
1998	23,3	24,8	25,9	27,3	26,1	25,1	24,5	24,6	25,0	24,0	24,8	24,0	25,0
1999	24,7	25,2	26,3	26,9	24,7	24,5	23,7	24,4	24,7	24,3	23,8	22,9	24,7
2000	23,9	24,3	25,0	26,9	27,8	25,8	25,1	25,6	25,8	25,2	24,5	24,3	25,3
2001	25,3	26,1	25,8	25,8	26,0	26,1	25,0	25,8	25,8	25,1	24,1	23,8	25,4
2002	24,4	25,5	26,7	27,6	28,3	26,5	24,7	24,1	25,0	24,3	23,8	22,8	25,3
2003	23,1	24,3	25,2	26,2	26,9	25,0	25,4	24,6	24,9	24,2	24,4	23,4	24,8
2004	24,2	24,0	25,8	27,3	27,8	26,5	25,0	25,4	25,8	26,1	25,9	25,6	25,8
2005	25,1	26,1	26,2	27,7	27,8	26,9	25,6	27,5	26,6	25,7	24,6	24,6	26,2
2006	24,9	26,4	27,4	28,5	28,8	27,3	26,6	25,5	25,6	25,4	24,2	24,5	26,3
2007	24,8	24,6	26,2	27,7	27,4	25,8	24,8	25,3	25,4	24,7	24,4	24,0	25,4
2008	24,2	25,2	26,7	28,1	27,8	26,0	25,0	24,6	25,4	24,7	24,0	22,7	25,4
2009	24,5	25,2	27,1	26,2	28,1	24,9	24,6	25,1	25,0	25,2	23,7	23,1	25,2
2010	23,7	25,3	26,7	27,1	27,5	25,3	25,1	25,4	25,2	24,9	24,0	23,6	25,3
2011	23,9	24,8	25,8	26,8	26,4	24,9	24,8	25,1	25,4	24,8	24,5	22,5	25,0
2012	23,8	24,7	26,1	27,0	27,2	26,1	25,0	25,6	25,3	25,2	25,5	25,2	25,6
2013	24,8	25,4	25,8	27,6	27,0	25,5	24,7	25,2	25,7	25,4	25,1	24,5	25,6
2014	24,7	25,9	25,9	27,7	27,6	25,7	25,3	25,5	25,6	25,2	25,1	24,2	25,7
2015	24,2	25,9	27,4	28,0	26,7	25,5	25,0	25,4	25,6	24,8	24,4	23,2	25,5
2016	24,7	25,2	27,4	27,9	27,5	27,2	26,1	25,9	25,7	26,1	25,5	25,9	26,3
2017	25,8	26,1	26,9	28,4	27,2	25,8	26,1	25,3	25,4	25,0	25,0	23,8	25,9
2018	23,5	24,8	25,5	27,0	27,3	26,1	25,7	25,6	25,1	24,9	23,9	23,2	25,2
2019	23,7	24,6	25,8	27,1	26,4	27,4	27,3	26,2	25,7	25,5	24,0	23,9	25,6
2020	24,5	25,6	26,9	28,3	27,8	26,1	25,7	25,6	25,2	25,2	24,3	24,1	25,8
2021	23,8	24,9	27,0	27,1	28,1	27,0	25,5	26,1	26,4	25,7	25,1	25,1	26,0
2022	24,8	25,2	26,0	27,4	28,0	28,4	27,5	26,7	26,7	25,8	24,7	24,4	26,3

*HADGEM1*

2023	24,7	25,5	26,9	26,7	27,6	25,6	26,0	25,3	25,2	25,1	23,9	24,0	25,5
2024	24,4	24,9	25,6	27,6	26,7	24,8	24,8	25,3	26,1	26,3	25,4	24,9	25,6
2025	24,5	25,0	26,6	28,8	28,9	25,8	25,7	25,9	25,8	25,0	24,6	23,5	25,8
2026	23,3	24,7	25,1	27,7	28,1	26,9	25,9	26,3	26,5	26,5	25,8	25,9	26,1
2027	25,4	25,7	26,3	27,6	27,2	26,5	25,4	25,8	27,1	26,3	24,8	24,5	26,0
2028	25,4	25,5	26,4	29,0	27,2	25,4	25,1	25,3	25,6	25,3	25,4	24,6	25,9
2029	25,2	25,3	26,7	27,9	27,3	27,6	25,7	25,4	25,6	26,0	25,2	24,5	26,0
2030	23,9	24,7	25,9	27,5	27,3	27,3	26,8	26,0	26,2	25,0	24,2	23,4	25,7
2031	24,1	24,7	25,7	26,5	27,2	27,5	25,5	25,2	25,9	25,9	24,4	24,3	25,6
2032	24,7	25,5	26,3	28,1	27,9	27,8	25,7	26,4	27,2	26,4	25,9	26,2	26,5
2033	25,3	25,6	26,2	27,3	29,5	27,9	25,3	26,1	26,7	26,0	24,6	24,3	26,2
2034	24,5	24,9	26,1	27,9	27,9	25,9	25,7	26,1	26,2	25,7	24,2	23,1	25,7
2035	25,0	24,9	26,5	27,6	28,6	26,0	25,8	25,9	25,8	26,7	25,6	25,2	26,1
2036	24,8	24,9	25,5	28,1	28,7	26,2	26,3	26,5	28,3	28,8	27,6	26,0	26,8
2037	25,6	25,8	26,1	28,4	28,2	28,4	28,7	27,5	26,6	26,5	26,0	25,7	27,0
2038	26,8	26,5	27,0	28,6	27,5	26,3	27,9	27,1	27,2	27,0	27,4	26,6	27,2
2039	25,6	25,9	26,8	28,2	28,7	28,1	27,9	27,9	28,0	26,0	25,7	24,7	27,0
2040	26,4	26,2	27,8	29,1	29,0	27,2	26,5	27,2	27,9	27,5	27,1	27,0	27,4
2041	27,2	27,0	27,2	27,6	29,1	26,1	25,9	25,9	26,3	25,3	25,6	25,1	26,5
2042	26,1	26,2	26,9	27,7	28,0	27,4	27,3	28,1	26,6	26,3	25,3	25,8	26,8
2043	25,4	24,9	25,7	26,6	28,1	27,6	27,2	27,6	26,4	25,7	25,8	25,0	26,3
2044	25,5	24,9	26,1	27,0	28,1	28,0	27,8	28,4	27,1	27,3	26,4	25,5	26,8

*CGCM3T63*

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
1961	22,4	22,6	27,0	26,8	23,5	25,5	23,5	23,7	24,2	23,7	22,8	22,0	24,0
1962	21,7	22,1	24,4	27,8	25,0	24,3	23,5	24,2	24,3	23,6	23,6	22,9	24,0
1963	21,8	24,1	25,5	23,8	26,7	25,8	24,3	23,7	24,2	24,1	22,7	22,2	24,1
1964	22,8	22,8	27,3	29,0	28,8	27,0	25,0	24,5	24,0	24,2	23,5	22,7	25,1
1965	23,4	24,4	28,1	27,2	26,1	24,5	24,0	24,4	25,1	24,5	24,2	22,9	24,9
1966	22,9	25,2	27,7	24,3	27,5	23,1	23,6	24,3	24,9	23,9	22,7	22,8	24,4
1967	22,1	22,8	24,5	28,9	25,5	25,6	23,7	24,2	24,5	24,4	23,0	22,2	24,3
1968	22,5	23,8	27,0	28,3	26,6	24,9	23,6	24,6	24,8	25,4	23,7	23,3	24,9
1969	23,3	24,8	26,3	27,6	24,0	24,0	23,4	24,1	24,3	23,4	22,8	22,5	24,2
1970	22,5	22,9	26,5	26,8	25,5	24,4	23,7	24,1	24,2	24,0	23,3	22,3	24,2
1971	21,0	22,9	25,1	28,0	24,7	24,6	23,6	24,1	23,8	24,2	22,8	22,6	24,0
1972	21,4	21,8	25,0	28,8	25,6	23,8	24,0	24,1	24,9	24,8	24,0	23,3	24,3
1973	23,0	26,1	28,7	31,0	27,7	24,9	23,7	24,6	25,1	25,1	23,5	22,8	25,5
1974	22,4	24,3	26,5	27,0	27,7	27,2	24,7	24,7	24,5	25,1	24,0	22,8	25,1
1975	22,2	23,7	28,3	28,7	27,3	27,9	24,6	24,9	25,1	24,8	23,6	22,4	25,3
1976	23,1	24,5	27,6	28,0	24,7	25,9	24,3	24,4	24,7	24,6	23,5	22,9	24,9

CGCM3T63

1977	23,0	23,8	27,4	27,3	27,7	23,3	23,3	24,2	24,5	24,7	23,1	22,1	24,5
1978	22,4	24,4	26,3	29,5	26,2	24,7	24,0	23,9	24,7	24,5	23,7	22,9	24,8
1979	23,1	25,1	27,4	29,8	29,6	25,0	23,5	24,5	25,2	24,4	23,3	22,5	25,3
1980	22,3	24,9	27,6	27,9	27,9	25,9	26,7	24,6	24,5	24,1	23,4	23,7	25,3
1981	23,1	26,6	29,0	26,3	24,8	25,1	24,6	24,8	24,8	25,0	24,7	25,0	25,3
1982	24,1	27,0	27,9	29,8	26,0	24,9	24,4	25,2	25,2	24,7	23,3	22,7	25,4
1983	22,8	22,6	24,9	26,4	25,2	26,9	23,8	24,0	24,9	25,0	23,5	22,9	24,4
1984	22,1	25,8	27,7	29,6	26,8	25,6	24,1	24,0	24,6	24,3	24,0	23,1	25,1
1985	22,3	24,9	26,6	29,5	26,9	23,7	24,4	24,6	24,5	24,1	23,4	22,9	24,8
1986	23,1	24,1	28,1	29,9	28,2	26,2	24,6	24,4	25,4	25,0	23,6	23,2	25,5
1987	23,0	26,0	28,3	29,0	26,7	25,8	23,9	24,1	25,3	24,2	22,9	23,4	25,2
1988	22,3	23,5	25,3	28,6	25,5	23,6	24,2	24,2	24,8	24,8	23,2	23,0	24,4
1989	22,2	24,2	26,3	26,0	27,5	27,0	24,1	24,3	25,0	24,0	24,0	23,0	24,8
1990	24,2	27,2	29,0	29,2	25,6	25,9	25,9	24,9	25,3	24,9	23,9	24,0	25,8
1991	23,0	25,1	27,2	26,7	27,0	26,7	25,1	24,5	25,0	24,9	24,4	23,9	25,3
1992	24,8	26,7	29,1	30,2	25,2	25,4	23,7	25,1	25,5	24,8	24,1	23,5	25,7
1993	22,9	24,5	28,1	27,4	29,1	26,5	26,1	24,5	24,8	25,2	24,0	23,6	25,5
1994	22,8	25,5	28,5	29,5	24,7	26,1	24,6	25,0	24,9	24,7	24,7	23,5	25,4
1995	23,9	25,8	29,1	29,3	29,3	24,6	24,8	25,4	25,7	25,2	24,5	23,3	25,9
1996	23,1	25,1	27,2	28,9	27,5	28,1	23,8	24,3	25,2	25,1	25,0	23,1	25,5
1997	23,0	24,8	26,9	29,7	27,7	25,2	24,2	24,6	25,4	24,7	24,4	23,7	25,4
1998	24,5	27,3	30,0	31,0	27,3	24,4	25,1	24,8	25,3	24,8	23,9	23,4	26,0
1999	23,8	23,8	25,8	28,7	27,6	24,4	24,1	24,8	25,8	25,4	24,0	23,7	25,1
2000	22,8	25,0	26,9	28,3	25,7	26,6	24,6	25,3	26,0	25,6	24,0	23,7	25,4
2001	24,9	25,4	27,3	30,3	25,6	25,1	24,7	25,3	25,5	25,4	24,4	23,6	25,6
2002	24,0	26,1	25,7	30,5	28,3	25,5	27,1	24,5	25,5	24,5	23,9	23,5	25,8
2003	23,8	25,7	28,0	27,6	24,7	25,0	24,3	24,6	25,2	25,1	24,1	23,5	25,1
2004	23,5	25,5	28,9	31,4	31,0	25,3	24,8	25,7	25,9	24,9	24,6	24,2	26,3
2005	24,9	26,1	30,0	31,3	27,6	25,8	25,2	24,9	25,0	25,2	24,5	23,5	26,2
2006	22,8	24,6	27,8	30,8	30,2	28,3	26,5	24,5	25,7	25,9	24,2	24,4	26,3
2007	25,4	28,2	28,8	25,0	25,1	25,7	25,6	25,2	25,9	25,6	25,3	24,6	25,9
2008	24,8	26,4	30,3	29,5	25,7	27,8	25,9	24,8	25,8	25,4	24,2	23,8	26,2
2009	24,2	25,6	29,6	29,0	28,4	25,9	27,6	25,8	25,5	25,3	24,1	24,0	26,2
2010	24,8	26,7	29,0	29,8	30,2	29,2	24,2	24,9	26,3	26,0	24,7	24,1	26,7
2011	24,4	26,2	27,8	30,1	30,8	28,5	26,7	25,8	26,8	26,4	25,6	28,1	27,3
2012	27,3	26,5	29,1	25,8	25,6	28,9	25,2	25,4	25,1	25,5	25,4	24,2	26,2
2013	25,2	27,5	31,7	31,9	30,0	30,4	26,6	25,7	25,5	25,9	24,7	24,6	27,5
2014	22,9	25,8	27,6	27,1	30,3	28,3	27,3	25,3	25,4	25,3	25,1	24,4	26,2
2015	25,4	27,4	28,8	28,7	29,5	27,3	25,2	25,1	25,9	25,7	24,8	24,1	26,5
2016	25,2	25,9	29,0	30,3	27,3	25,8	26,1	25,5	26,1	25,8	25,0	24,6	26,4
2017	25,8	27,3	30,6	28,5	27,8	25,9	25,0	25,3	25,6	25,8	25,2	24,9	26,5

*CGCM3T63*

2018	26,5	27,3	29,2	31,0	30,9	28,4	25,3	26,2	26,1	25,9	25,4	25,5	27,3
2019	26,8	28,4	29,0	28,1	25,2	25,1	25,8	25,8	25,4	26,0	25,9	25,2	26,4
2020	26,4	27,7	30,3	30,8	26,7	29,3	26,8	25,6	26,6	26,1	26,4	27,8	27,5
2021	28,6	28,4	30,1	30,3	26,8	25,4	25,3	24,9	25,8	25,9	25,2	23,6	26,7
2022	25,1	25,3	28,0	30,6	27,0	26,3	25,3	25,4	25,7	25,8	24,4	24,1	26,1
2023	23,8	27,1	28,1	32,8	31,0	29,1	25,7	26,0	26,3	25,6	24,3	23,5	26,9
2024	24,4	27,1	28,6	31,5	29,7	25,3	25,4	25,8	26,0	25,8	25,0	24,7	26,6
2025	25,2	27,3	30,9	32,4	27,2	27,6	26,0	25,8	26,8	26,1	26,8	25,7	27,3
2026	27,2	29,6	31,9	31,7	28,3	26,9	27,1	25,8	25,8	25,6	24,3	24,8	27,4
2027	23,5	27,0	29,9	30,8	30,8	31,0	28,1	25,8	26,0	25,8	24,9	24,0	27,3
2028	24,4	26,7	29,2	29,8	27,8	31,0	28,3	26,3	26,0	26,4	24,6	24,0	27,0
2029	24,9	26,5	29,3	31,5	29,9	26,6	25,8	25,2	26,1	26,0	26,5	25,4	27,0
2030	27,9	27,8	28,4	30,5	30,4	26,2	26,2	25,4	26,5	26,1	25,4	25,7	27,2
2031	27,1	29,6	31,3	30,0	28,1	29,6	27,8	26,3	26,1	25,9	25,1	24,5	27,6
2032	25,0	28,0	29,9	31,4	29,9	28,5	25,2	25,3	25,8	26,1	25,8	24,7	27,1
2033	24,1	24,9	28,7	30,3	30,8	28,3	26,4	26,0	26,4	26,1	25,8	25,9	27,0
2034	27,6	28,1	30,0	31,3	27,8	29,6	27,6	25,8	25,9	26,1	25,5	24,7	27,5
2035	26,1	28,4	27,6	30,6	27,7	25,8	25,8	26,7	26,6	26,7	25,4	24,2	26,8
2036	24,1	26,1	28,3	28,3	26,3	26,8	27,6	26,3	27,0	26,1	25,8	26,5	26,6
2037	26,7	29,0	31,3	29,2	26,6	26,2	25,3	26,4	26,1	26,3	25,0	24,3	26,9
2038	25,6	28,0	30,9	32,1	28,3	30,2	26,3	27,8	26,5	26,5	25,8	24,5	27,7
2039	26,3	28,9	30,7	27,9	27,0	25,8	26,1	25,8	26,2	26,1	25,8	25,4	26,8
2040	27,1	29,5	29,8	27,5	28,0	26,1	25,8	26,2	27,2	26,2	25,5	25,3	27,0
2041	25,7	26,2	29,1	32,3	28,3	25,8	25,2	25,7	26,3	26,5	25,7	24,7	26,8
2042	25,5	25,8	31,8	29,5	31,0	29,0	27,5	26,3	27,0	26,2	25,9	26,5	27,6
2043	26,9	29,1	31,4	32,4	31,5	29,7	26,4	26,5	27,0	26,8	24,9	25,4	28,2
2044	26,4	28,5	28,1	25,8	26,2	26,9	27,2	26,4	27,0	27,2	26,9	27,0	27,0

*MIROC3.2*

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
1961	23,4	25,3	26,8	28,7	27,4	26,3	25,3	25,8	25,9	25,8	24,3	24,2	25,8
1962	23,8	25,4	27,7	26,7	27,1	26,2	25,6	26,1	26,6	25,4	24,4	23,8	25,7
1963	24,0	25,4	27,2	28,3	25,8	25,9	25,6	25,7	26,5	25,7	24,3	23,7	25,7
1964	23,0	24,1	25,5	27,3	26,8	25,1	24,1	25,1	25,8	24,6	24,7	23,4	25,0
1965	23,7	24,8	27,9	28,5	25,7	25,0	24,7	25,1	25,9	25,3	24,4	23,5	25,4
1966	23,7	25,4	26,5	26,6	26,1	25,2	24,6	25,4	25,1	25,4	23,7	23,1	25,1
1967	23,9	25,4	27,7	28,1	25,6	25,3	24,4	25,5	25,1	25,3	25,0	24,2	25,5
1968	22,9	24,9	27,0	27,5	28,2	25,2	25,4	25,8	25,7	25,3	24,4	24,1	25,5
1969	23,8	25,6	26,8	28,8	27,3	26,4	25,0	25,6	25,6	25,2	23,9	24,0	25,7
1970	23,0	25,3	27,0	27,4	26,3	25,4	25,0	25,3	26,0	25,8	25,2	23,5	25,4
1971	23,3	24,4	27,1	28,7	27,1	25,8	25,6	25,9	27,1	25,3	24,2	23,9	25,7

MIROC3.2

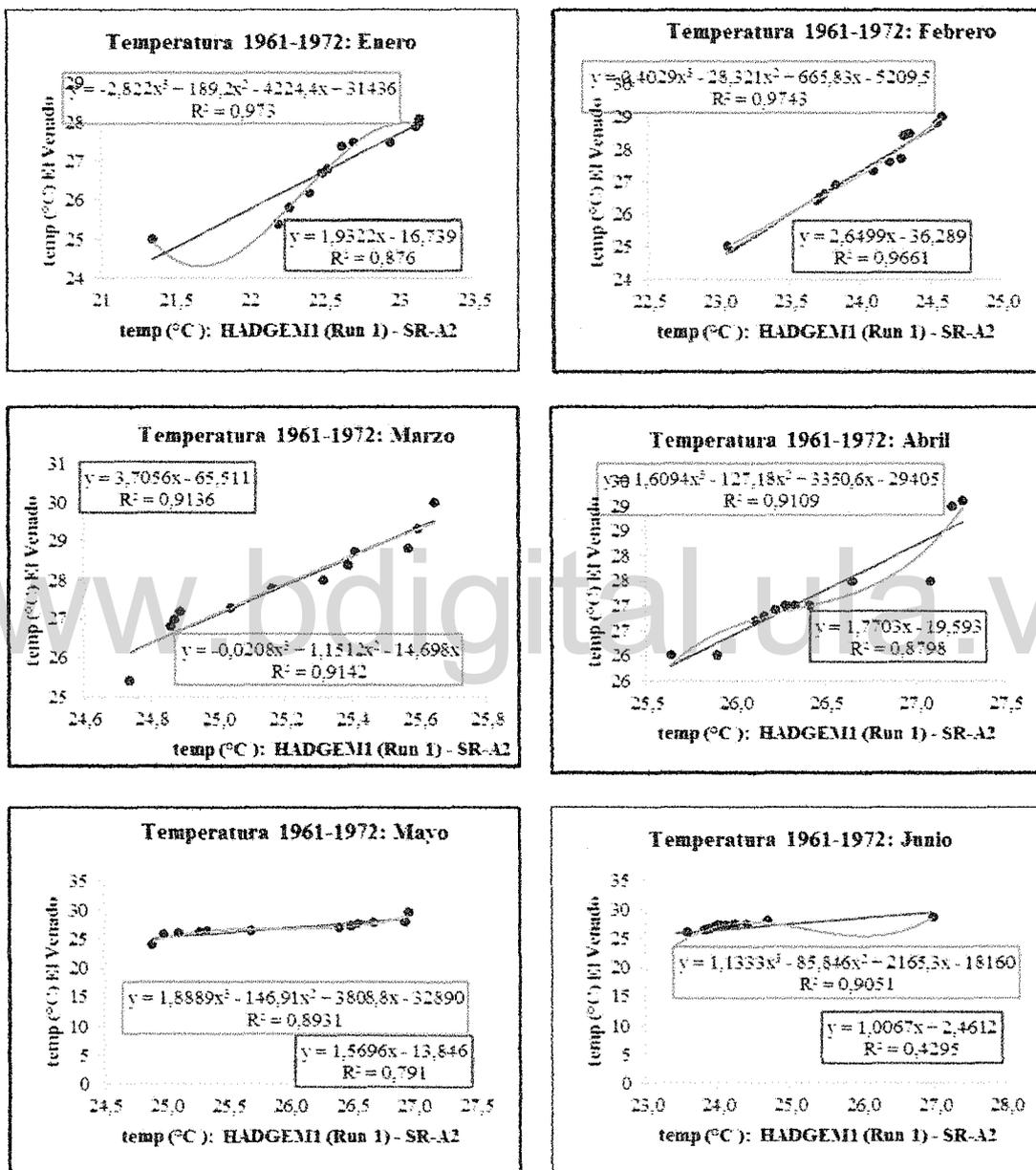
1972	23,6	24,5	26,4	29,3	25,4	24,8	25,1	26,0	25,7	26,0	24,1	23,7	25,4
1973	23,8	24,6	27,6	27,8	25,7	26,1	24,8	25,9	26,6	25,8	24,3	23,4	25,6
1974	23,7	25,0	26,8	26,9	26,5	25,5	24,6	25,8	26,5	25,9	24,8	23,7	25,5
1975	24,3	25,1	26,9	28,1	26,4	24,5	25,2	25,2	25,6	25,8	25,0	24,1	25,5
1976	24,3	25,9	26,2	28,0	26,9	25,8	26,0	26,1	26,4	25,6	25,3	24,2	25,9
1977	24,7	25,7	27,7	28,3	26,4	26,4	26,3	26,6	25,7	26,4	24,9	24,4	26,1
1978	24,1	26,9	27,9	26,9	27,7	27,1	25,5	26,6	26,8	26,4	24,1	23,0	26,1
1979	24,1	25,4	27,0	28,1	27,8	27,2	26,5	26,2	25,9	25,5	24,5	23,7	26,0
1980	22,9	24,6	26,2	26,9	26,5	26,8	26,0	26,4	26,1	25,1	24,8	24,0	25,5
1981	23,5	25,7	27,5	28,7	27,0	26,4	25,1	26,3	26,5	26,0	24,9	23,7	26,0
1982	23,9	25,3	26,7	28,1	26,5	25,1	25,4	25,5	26,0	25,5	25,1	24,0	25,6
1983	24,2	25,4	28,7	27,7	25,7	25,1	25,7	25,3	25,8	25,5	25,0	24,2	25,7
1984	24,0	25,3	27,0	28,1	27,2	26,2	26,3	27,0	26,8	26,2	24,3	23,8	26,0
1985	23,4	24,3	26,8	26,7	27,3	25,8	25,8	25,8	25,8	24,9	23,8	22,7	25,3
1986	23,5	25,2	26,9	27,9	26,4	26,0	25,5	25,3	25,7	25,2	24,3	23,5	25,5
1987	23,2	24,1	27,6	27,4	26,4	26,0	25,5	26,5	26,3	25,8	25,5	23,6	25,7
1988	24,3	25,6	28,4	29,1	28,2	27,0	26,0	26,3	26,8	26,3	24,6	24,5	26,4
1989	24,6	26,2	28,1	26,3	25,8	24,9	25,0	25,8	26,3	26,0	25,3	24,1	25,7
1990	23,9	24,4	26,2	27,6	26,9	27,2	26,2	25,8	26,2	26,3	26,0	24,7	26,0
1991	24,7	25,6	28,3	28,2	26,7	25,4	24,9	25,9	26,4	26,3	23,8	23,2	25,8
1992	23,4	26,5	26,8	27,8	27,1	26,1	25,2	25,6	26,0	26,3	24,8	23,4	25,8
1993	23,5	24,8	25,9	26,4	26,9	26,6	25,3	26,4	26,3	26,3	25,2	23,9	25,6
1994	24,3	26,2	28,1	28,0	26,2	25,5	25,3	26,0	26,6	26,2	25,2	23,7	25,9
1995	23,7	25,5	26,7	28,1	27,7	25,4	25,4	26,7	26,2	26,3	24,7	24,4	25,9
1996	23,9	25,1	27,5	28,0	27,9	26,5	26,6	26,6	26,9	26,2	25,0	24,6	26,2
1997	25,3	25,7	27,5	28,1	26,1	26,6	26,8	26,2	26,5	25,5	24,8	24,4	26,1
1998	24,0	26,1	27,1	27,1	26,6	26,7	25,2	26,2	26,3	25,9	24,0	23,5	25,7
1999	23,8	25,2	26,8	26,9	26,8	26,1	25,2	26,7	26,3	25,6	24,7	24,0	25,7
2000	23,7	24,8	27,6	29,0	26,2	25,5	25,5	26,2	26,6	26,3	25,2	23,9	25,9
2001	23,9	26,2	27,8	28,2	27,5	26,1	25,8	26,6	27,4	26,0	25,2	23,8	26,2
2002	24,0	24,7	27,6	29,2	28,0	26,4	27,0	26,7	26,5	26,4	25,9	25,3	26,5
2003	25,4	26,7	28,7	28,2	26,8	26,5	26,3	25,9	27,0	26,7	26,2	25,3	26,7
2004	25,0	26,7	28,8	29,4	29,1	27,4	26,3	26,8	26,7	27,0	25,3	23,7	26,9
2005	24,3	26,0	27,5	28,7	27,5	25,9	25,7	26,5	26,5	27,2	25,8	24,5	26,4
2006	24,7	25,9	28,9	29,0	26,2	25,6	26,8	26,9	27,2	27,0	26,2	25,2	26,6
2007	24,5	27,0	29,4	28,5	27,2	26,9	26,7	26,7	27,2	26,3	26,5	25,9	26,9
2008	25,6	26,6	27,3	28,5	26,9	28,0	27,3	27,5	27,5	26,3	25,8	25,7	26,9
2009	24,4	26,3	27,5	29,6	27,3	26,5	26,0	26,8	27,4	26,9	24,7	24,5	26,5
2010	24,6	26,3	28,7	29,8	28,1	27,3	26,2	27,5	28,3	27,4	26,0	24,7	27,1
2011	25,2	26,2	28,8	29,6	27,6	26,5	27,1	27,6	27,0	26,7	26,8	25,9	27,1
2012	25,5	26,5	27,9	28,0	28,6	27,0	26,0	26,4	27,5	26,8	25,4	25,9	26,8

*MIROC3.2*

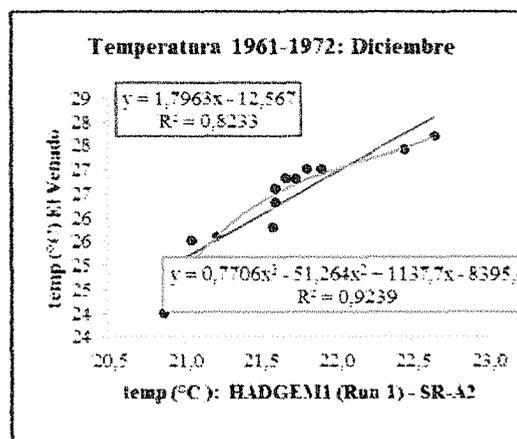
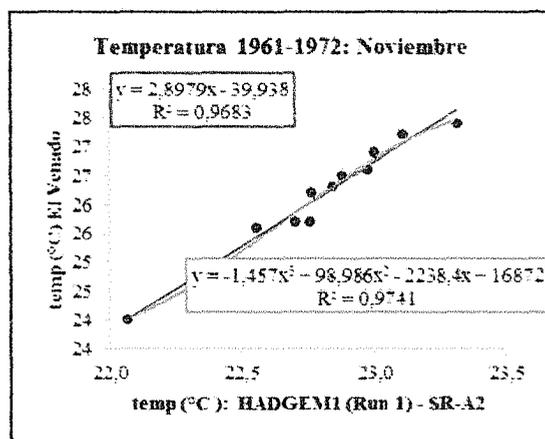
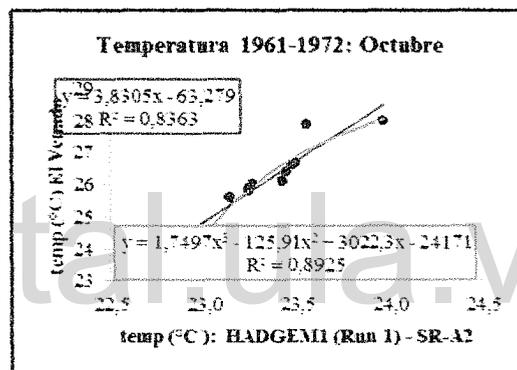
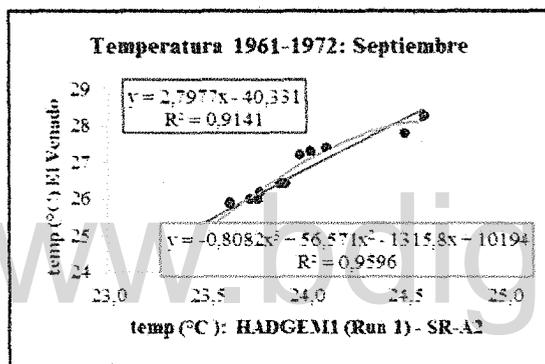
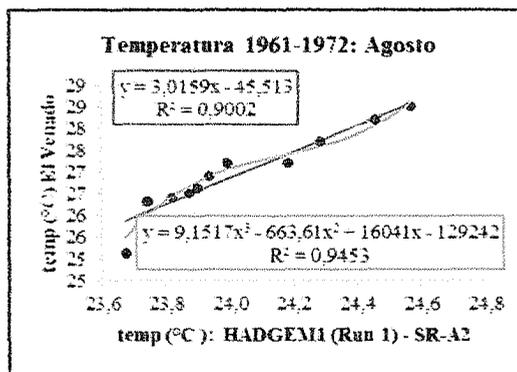
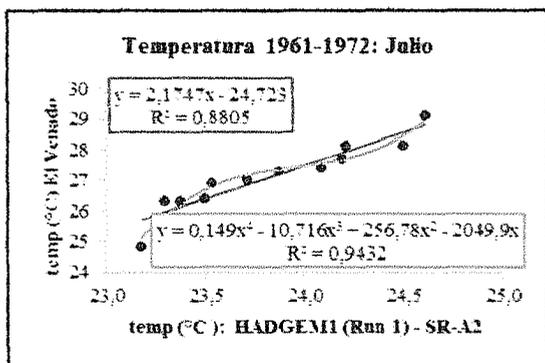
2013	24,8	26,5	28,2	28,3	25,8	26,4	26,4	26,7	26,7	26,9	26,1	25,1	26,5
2014	25,8	27,5	29,5	27,8	27,4	26,0	26,4	27,4	27,7	26,5	25,5	24,7	26,9
2015	24,4	25,4	28,0	29,7	28,0	27,3	27,2	27,3	27,3	27,2	26,4	25,5	27,0
2016	25,5	26,6	28,1	29,3	29,2	27,2	26,6	27,1	27,6	27,5	26,5	25,6	27,2
2017	25,9	28,4	28,5	30,7	27,0	26,6	26,9	27,4	27,6	27,1	26,5	25,9	27,4
2018	25,3	26,1	28,1	28,8	27,1	25,9	26,5	28,2	27,8	27,4	26,2	24,9	26,9
2019	25,6	26,7	27,2	30,5	27,2	26,9	27,3	26,7	28,6	27,9	26,6	25,9	27,3
2020	24,5	25,8	28,1	29,4	29,7	27,7	28,1	28,2	28,3	27,6	25,9	24,9	27,4
2021	26,1	26,8	28,9	30,3	27,8	27,2	26,6	27,7	28,2	27,6	26,2	25,7	27,4
2022	26,3	26,8	28,7	29,5	26,8	27,3	26,6	26,9	27,1	26,5	25,6	24,3	26,9
2023	24,0	25,9	28,0	29,2	28,1	27,9	28,1	28,8	29,1	28,6	27,0	26,5	27,6
2024	26,5	26,8	29,2	30,0	29,7	28,4	27,4	27,3	27,6	27,3	25,9	25,3	27,6
2025	25,4	28,3	29,4	28,9	27,0	26,9	26,6	27,8	27,9	26,2	25,8	24,7	27,1
2026	24,6	26,5	28,7	29,5	28,8	27,2	27,9	28,1	27,4	27,6	26,1	25,6	27,3
2027	25,3	27,6	29,8	28,1	27,5	27,7	27,5	27,0	27,6	27,0	26,7	25,5	27,3
2028	24,8	26,3	29,0	29,9	29,5	27,8	27,3	28,2	28,2	27,5	26,0	26,0	27,5
2029	25,5	26,5	29,4	30,0	28,5	27,2	29,0	28,5	28,2	27,5	27,2	26,2	27,8
2030	26,5	27,1	29,6	28,4	27,1	27,0	27,2	27,5	28,9	29,0	27,6	26,6	27,7
2031	27,0	28,6	28,0	30,3	28,2	27,1	27,3	29,1	28,4	27,0	26,3	24,8	27,7
2032	25,4	27,2	29,3	30,1	29,5	27,1	27,2	28,2	27,9	27,6	26,7	26,3	27,7
2033	25,3	26,7	30,0	29,6	28,1	27,8	27,7	27,7	28,1	26,8	26,1	25,4	27,4
2034	25,1	27,5	27,7	29,8	28,0	27,7	27,3	27,4	27,3	27,3	26,4	25,0	27,2
2035	25,1	27,2	29,2	29,5	28,5	26,6	26,4	27,1	27,7	27,3	26,2	24,9	27,1
2036	24,7	26,9	29,2	30,0	28,4	28,1	28,4	27,9	27,2	27,7	26,3	25,9	27,6
2037	25,5	27,2	30,0	29,9	28,4	27,0	27,8	28,2	28,7	27,6	26,4	26,0	27,7
2038	26,2	27,8	29,6	30,5	28,9	27,8	28,0	28,8	28,6	28,0	27,4	26,4	28,2
2039	25,8	26,7	28,5	30,0	28,0	28,2	27,4	28,3	28,4	26,7	26,3	26,1	27,5
2040	25,3	26,4	28,5	29,1	29,4	27,9	27,4	27,8	28,4	28,4	26,8	26,1	27,6
2041	25,7	27,2	29,3	29,2	29,0	28,0	28,1	29,1	29,1	27,9	27,9	26,8	28,1
2042	26,8	28,0	29,0	29,6	28,8	27,8	27,5	27,7	28,7	27,9	26,4	26,2	27,9
2043	26,9	27,5	29,4	29,9	28,7	28,0	27,9	27,9	27,9	28,3	28,0	26,5	28,1
2044	26,8	26,4	28,2	29,0	30,1	28,1	28,2	28,4	28,6	28,0	26,7	26,4	27,9

### 2.4.3 Regresiones

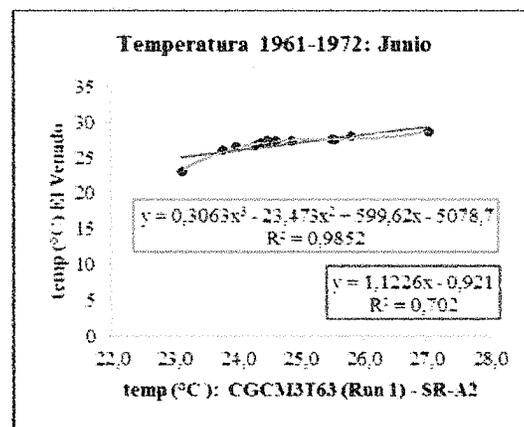
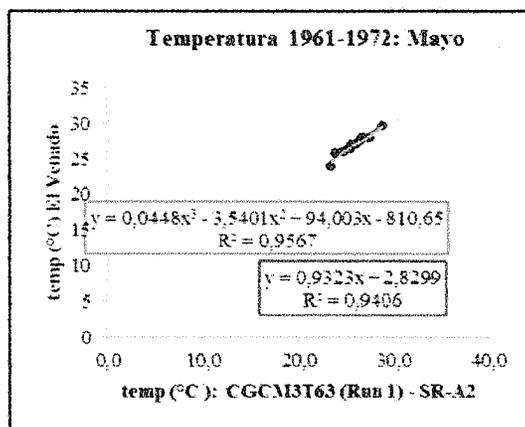
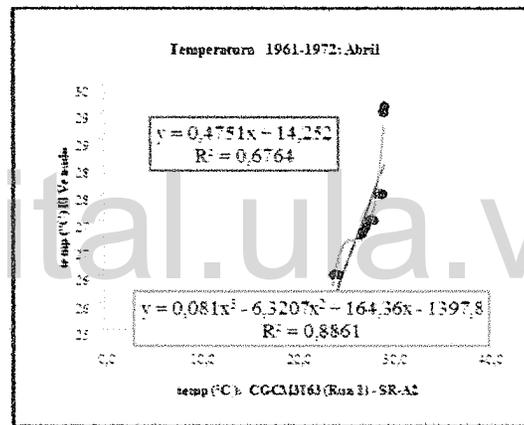
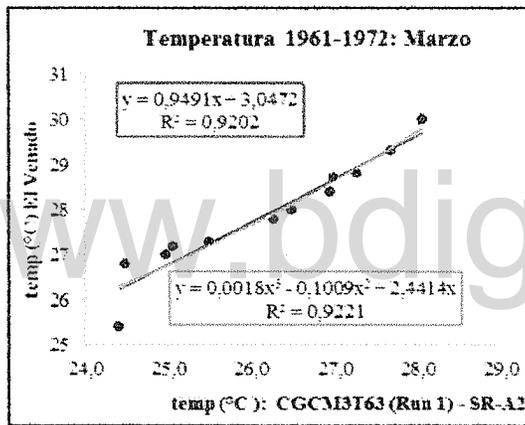
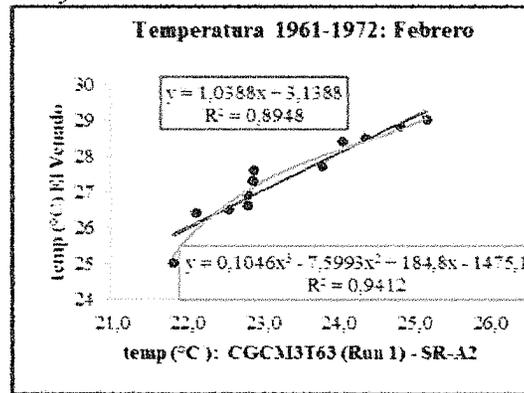
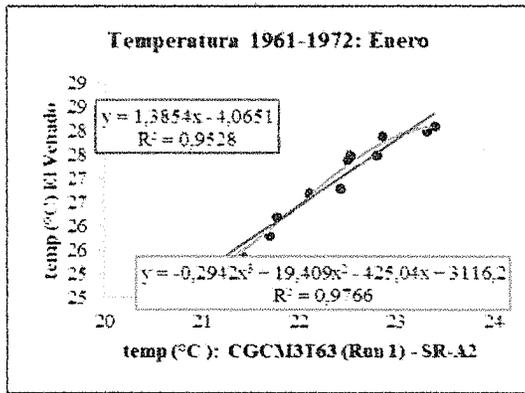
Estación El Venado y HADGEM1



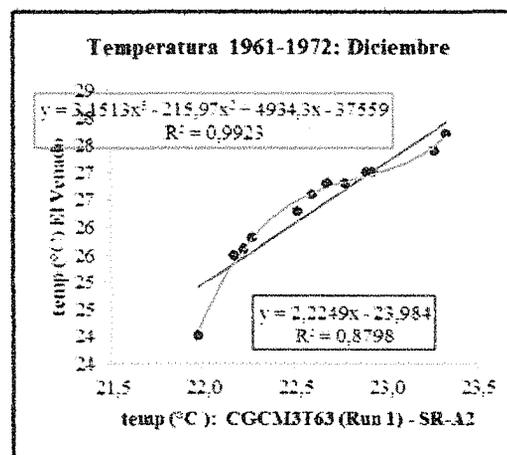
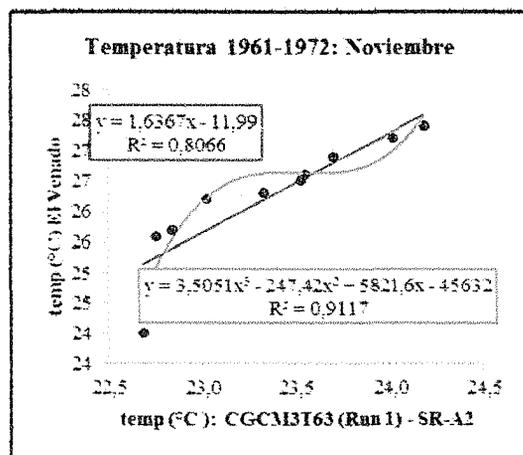
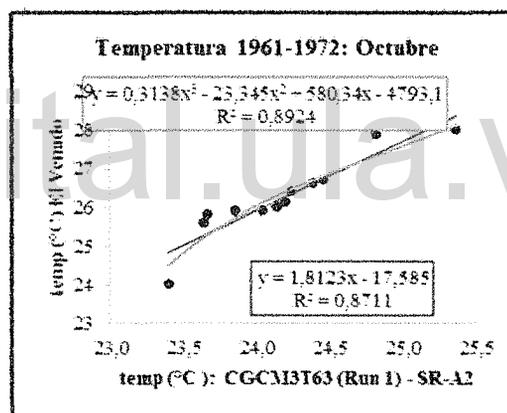
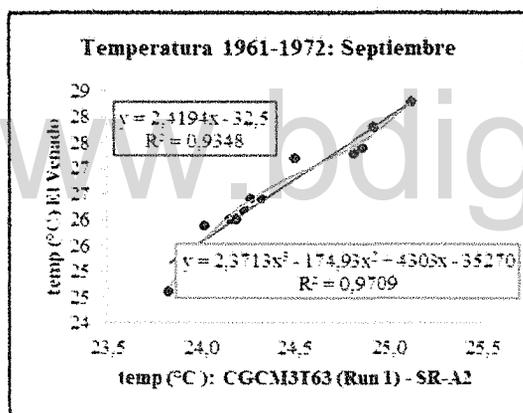
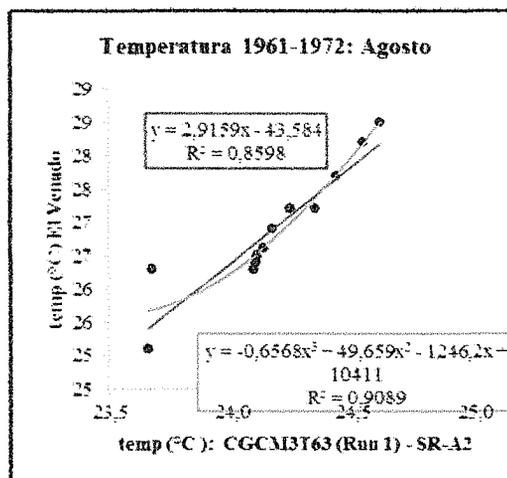
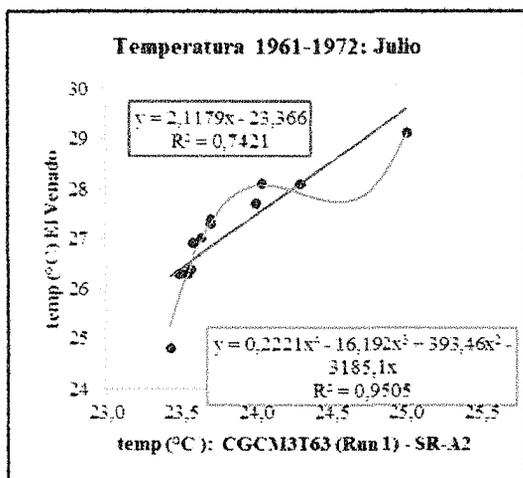
Estación El Venado y HADGEM1



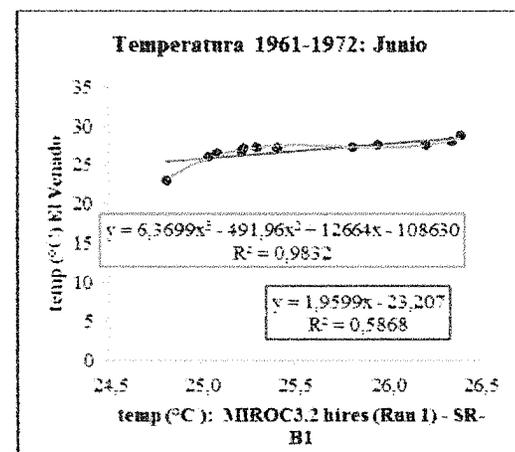
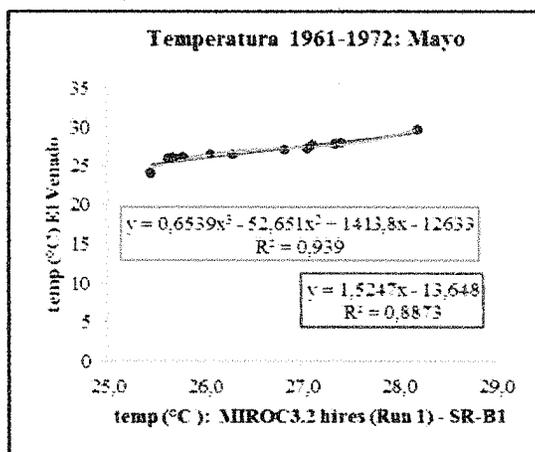
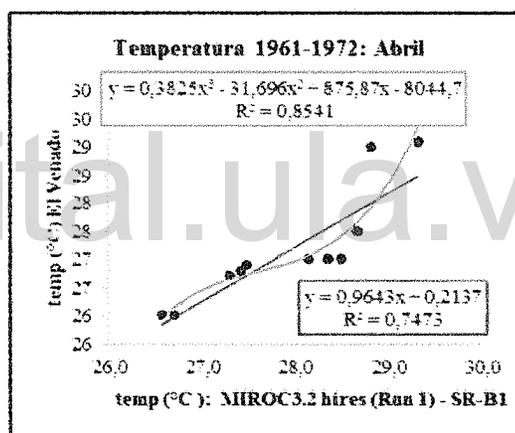
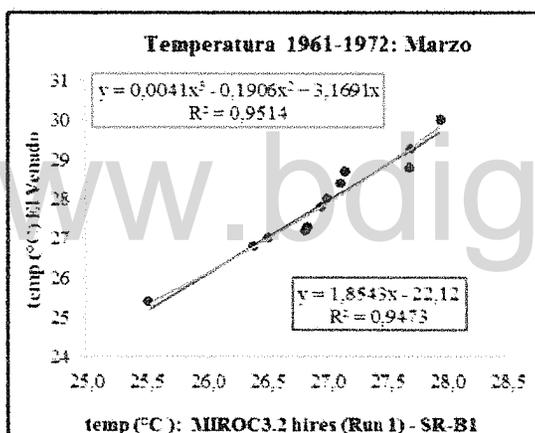
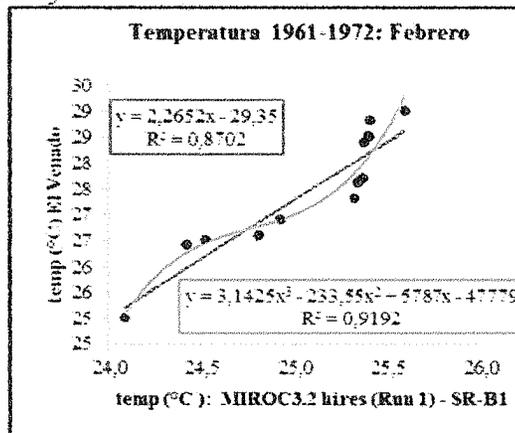
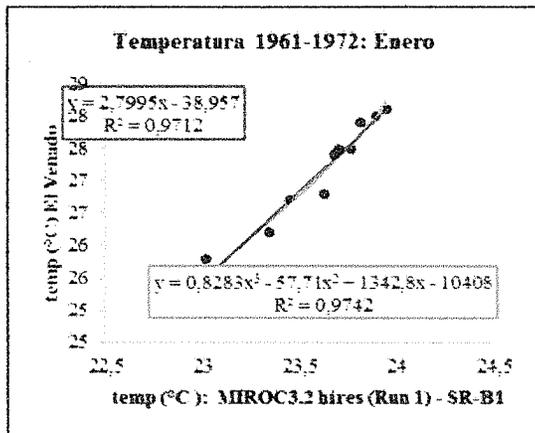
Estación El Venado y CGCM3T63



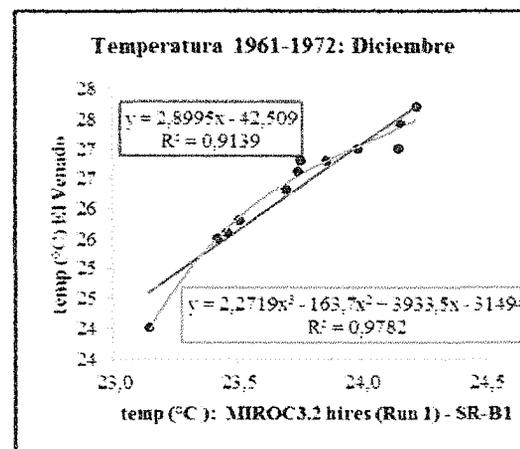
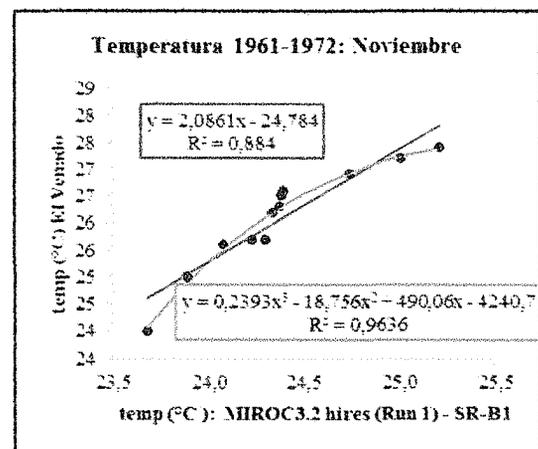
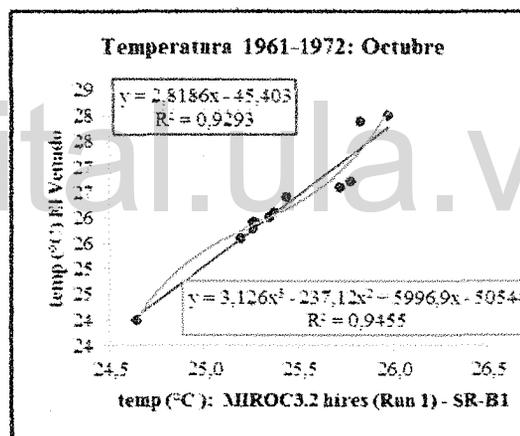
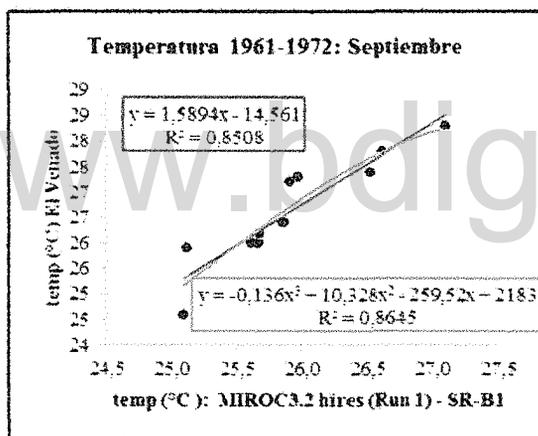
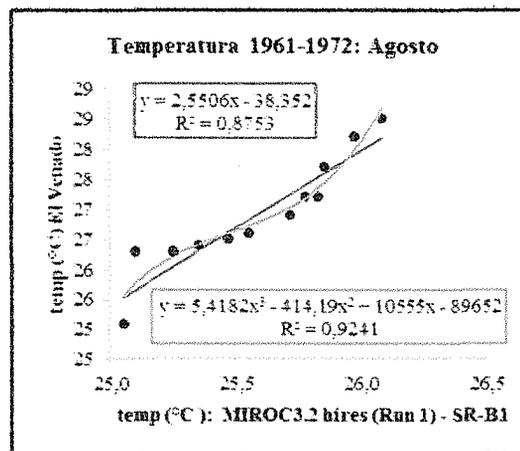
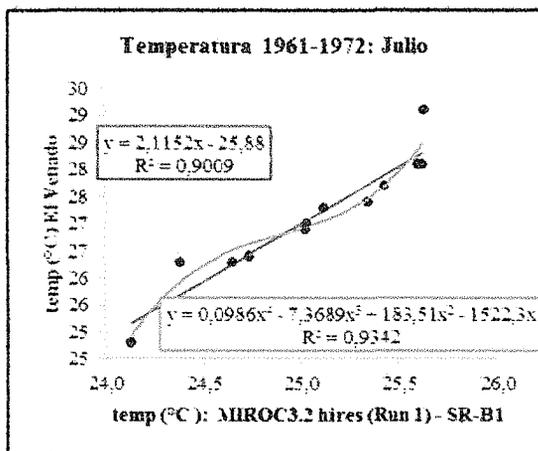
Estación El Venado y CGCM3T63



Estación El Venado y MIROC3.2



Estación El Venado y MIROC3.2



## 2.4.4 Resultados de la temperatura 2015 – 2044 según los tres MGCA

### *Estación El Venado con el modelo HADGEM1*

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
2015	30,1	32,5	36,4	30,3	27,7	26,1	29,9	31,1	31,0	31,3	30,6	28,7	30,5
2016	31,1	30,7	36,4	30,2	30,6	28,9	32,2	32,5	31,3	36,2	33,6	33,6	32,3
2017	33,3	33,2	34,7	31,2	30,0	25,6	32,4	30,7	30,6	32,1	32,3	29,8	31,3
2018	28,8	29,7	29,0	28,0	30,2	25,4	31,4	31,5	29,6	31,5	29,1	28,8	29,4
2019	29,1	28,9	30,7	28,4	27,1	29,1	35,0	33,4	31,5	34,1	29,4	30,0	30,6
2020	30,7	31,7	34,7	30,9	31,0	25,5	31,4	31,6	30,0	32,7	30,3	30,4	30,9
2021	29,4	29,7	34,9	28,2	31,5	28,7	31,0	33,1	33,4	34,6	32,6	32,0	31,6
2022	31,4	30,7	31,4	29,4	31,3	30,1	35,3	35,1	34,2	35,0	31,4	30,9	32,2
2023	31,1	31,5	34,6	27,4	30,7	25,9	32,0	30,9	30,0	32,5	29,2	30,1	30,5
2024	30,6	29,9	29,4	29,7	27,8	27,4	29,6	30,8	32,5	36,8	33,6	31,8	30,8
2025	30,8	30,1	33,5	31,8	32,8	25,6	31,5	32,6	31,6	32,0	31,3	29,3	31,1
2026	28,4	29,5	27,8	29,9	31,6	28,3	32,0	33,8	33,6	37,6	34,6	33,5	31,7
2027	32,4	31,9	32,5	29,7	30,1	26,0	30,9	32,1	35,2	37,0	31,7	31,0	31,7
2028	32,4	31,4	32,8	32,1	30,1	26,3	30,3	30,9	31,2	33,1	33,4	31,2	31,3
2029	32,2	30,9	34,0	30,2	30,2	29,4	31,5	31,1	31,1	35,8	33,0	31,1	31,7
2030	29,6	29,3	30,8	29,6	30,2	29,0	33,8	32,9	32,7	32,0	29,8	29,0	30,7
2031	29,9	29,2	30,4	27,1	30,0	29,2	31,0	30,3	31,8	35,3	30,7	30,7	30,5
2032	31,2	31,4	32,3	30,5	31,1	29,5	31,4	34,1	35,6	37,3	34,8	34,1	32,8
2033	32,3	31,7	31,9	29,2	33,7	29,6	30,7	33,2	34,2	35,9	31,2	30,7	32,0
2034	30,7	30,0	31,7	30,3	31,2	25,5	31,4	33,1	32,7	34,8	29,9	28,6	30,8
2035	31,8	30,0	33,0	29,7	32,3	25,5	31,7	32,6	31,8	38,6	33,9	32,3	31,9
2036	31,3	29,9	28,6	30,7	32,4	25,6	32,7	34,2	38,5	46,5	39,9	33,7	33,7
2037	32,9	32,2	31,6	31,2	31,6	30,1	38,0	37,3	34,0	37,5	35,3	33,2	33,7
2038	35,2	34,0	34,9	31,4	30,5	25,7	36,2	36,3	35,6	39,6	39,3	34,9	34,5
2039	32,9	32,5	34,2	30,7	32,5	29,9	36,3	38,7	37,7	35,8	34,2	31,4	33,9
2040	34,4	33,3	37,8	32,4	32,9	29,0	33,2	36,5	37,5	41,5	38,5	35,6	35,2
2041	36,0	35,4	35,8	29,7	33,0	25,5	31,9	32,5	33,1	33,3	34,0	32,0	32,7
2042	33,8	33,2	34,8	29,9	31,3	29,1	34,9	39,1	34,0	37,1	33,2	33,4	33,7
2043	32,5	29,8	30,2	27,2	31,5	29,3	34,7	37,5	33,4	34,6	34,5	31,9	32,3
2044	32,6	30,0	31,7	27,8	31,5	29,7	36,1	39,9	35,3	40,9	36,4	32,9	33,7

*Estación El Venado con el modelo CGCM3T63*

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
2015	30,9	31,3	30,7	28,1	30,3	29,0	29,5	29,9	30,1	28,7	28,4	29,4	29,7
2016	30,6	29,8	30,9	29,7	28,1	27,6	31,4	31,1	30,7	28,9	28,7	30,5	29,8
2017	31,4	31,2	32,4	27,8	28,5	27,7	29,2	30,5	29,4	28,8	29,1	31,1	29,8
2018	32,3	31,2	31,1	30,1	31,6	30,3	29,8	33,2	30,8	28,9	29,5	32,5	30,9
2019	32,8	32,3	30,9	27,3	26,5	27,6	30,8	31,9	28,9	29,2	30,2	31,8	30,0
2020	32,2	31,6	32,1	30,0	27,6	31,2	32,8	31,4	31,8	29,4	31,1	37,6	31,6
2021	35,2	32,3	31,9	29,7	27,7	27,6	29,6	29,2	29,8	29,1	29,1	28,4	30,0
2022	30,4	29,1	29,8	29,9	27,9	27,8	29,7	30,7	29,8	28,7	27,8	29,4	29,2
2023	28,6	31,0	30,1	30,9	31,7	31,0	30,6	32,4	31,1	28,4	27,6	28,1	30,1
2024	29,4	31,0	30,5	30,3	30,6	27,6	30,0	31,9	30,5	28,7	28,8	30,7	30,0
2025	30,6	31,2	32,7	30,7	28,0	29,4	31,1	31,8	32,3	29,3	31,6	32,9	31,0
2026	33,3	33,6	33,7	30,4	29,0	28,5	33,5	32,0	30,1	28,5	27,6	30,9	30,9
2027	28,3	30,9	31,8	30,0	31,6	33,2	35,6	32,1	30,4	28,8	28,6	29,1	30,9
2028	29,5	30,5	31,0	29,5	28,5	33,2	36,1	33,5	30,3	30,0	28,1	29,2	30,8
2029	30,1	30,3	31,2	30,3	30,7	28,1	30,7	30,2	30,6	29,1	31,2	32,3	30,4
2030	34,3	31,7	30,3	29,8	31,2	27,7	31,7	30,9	31,6	29,3	29,4	32,9	30,9
2031	33,2	33,6	33,1	29,6	28,8	31,6	34,9	33,6	30,7	28,9	29,0	30,2	31,4
2032	30,3	31,9	31,7	30,2	30,7	30,4	29,6	30,4	29,8	29,4	30,1	30,6	30,4
2033	29,1	28,8	30,6	29,7	31,6	30,1	32,1	32,5	31,5	29,3	30,0	33,4	30,7
2034	33,8	32,0	31,9	30,2	28,5	31,6	34,6	32,0	30,2	29,3	29,6	30,7	31,2
2035	31,8	32,3	29,2	29,8	28,4	27,6	30,8	34,7	31,8	30,5	29,3	29,7	30,5
2036	29,1	30,0	30,3	27,5	27,3	28,3	34,6	33,4	32,7	29,3	30,0	34,8	30,6
2037	32,6	33,0	33,0	29,2	27,5	27,8	29,7	33,6	30,6	29,6	28,7	29,8	30,4
2038	31,1	31,9	32,7	30,6	29,0	32,2	31,7	37,8	31,7	30,0	30,1	30,4	31,6
2039	32,1	32,8	32,5	27,1	27,9	27,6	31,4	31,8	31,0	29,4	30,0	32,3	30,5
2040	33,2	33,5	31,6	26,8	28,7	27,7	30,7	33,2	33,2	29,4	29,5	32,1	30,8
2041	31,2	30,1	31,0	30,7	29,0	27,6	29,4	31,7	31,1	30,0	29,8	30,7	30,2
2042	31,0	29,6	33,5	29,3	31,7	30,9	34,3	33,3	32,8	29,5	30,3	34,7	31,7
2043	32,9	33,1	33,1	30,7	32,2	31,7	31,9	34,1	32,8	30,7	28,6	32,3	32,0
2044	32,3	32,4	30,1	26,7	27,2	28,5	33,6	33,6	32,8	31,4	31,8	35,8	31,4

*Estación El Venado con el modelo MIROC3.2*

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
2015	29,5	28,2	30,1	29,4	28,9	30,4	32,5	31,7	28,6	31,5	29,9	31,4	30,2
2016	32,4	31,2	30,3	29,1	31,2	30,3	31,2	31,0	29,1	32,4	30,0	31,6	30,8
2017	33,5	35,3	31,1	30,4	27,4	29,0	31,9	31,9	29,0	31,3	30,1	32,7	31,1
2018	31,9	30,2	30,3	28,0	27,5	27,3	30,9	33,9	29,4	32,0	29,5	29,8	30,1
2019	32,8	31,4	28,4	30,2	27,6	29,7	32,7	30,0	30,6	33,3	30,4	32,6	30,8
2020	29,5	29,5	30,3	29,2	32,0	31,3	34,3	33,9	30,3	32,7	28,9	29,6	30,9
2021	34,2	31,7	31,7	30,1	28,4	30,3	31,1	32,6	30,1	32,6	29,5	32,0	31,2
2022	34,7	31,7	31,5	29,3	27,3	30,4	31,1	30,6	28,2	29,5	28,2	27,9	30,0
2023	28,2	29,6	30,1	29,0	29,3	31,7	34,4	35,3	31,5	35,4	31,0	34,4	31,7
2024	35,2	31,7	32,4	29,8	31,9	32,7	32,8	31,5	29,0	31,8	28,8	30,9	31,5
2025	32,2	35,1	32,6	28,1	27,4	29,7	31,1	32,8	29,6	28,5	28,6	29,0	30,4
2026	30,0	31,2	31,4	29,3	30,7	30,4	33,8	33,7	28,8	32,6	29,1	31,7	31,1
2027	31,8	33,6	33,4	27,1	27,8	31,2	33,1	30,9	29,1	31,0	30,5	31,3	30,9
2028	30,5	30,6	31,9	29,6	31,7	31,4	32,6	34,0	30,1	32,3	29,1	32,9	31,4
2029	32,4	31,1	32,7	29,8	30,2	30,2	36,2	34,8	30,1	32,4	31,6	33,4	32,1
2030	35,4	32,4	33,1	27,3	27,5	30,0	32,4	32,1	31,1	36,5	32,4	34,5	32,1
2031	36,8	35,7	30,1	30,0	29,8	30,1	32,7	36,1	30,3	30,9	29,6	29,4	31,8
2032	32,1	32,7	32,5	29,9	31,7	30,0	32,4	33,8	29,5	32,7	30,6	33,6	31,8
2033	31,8	31,4	33,8	29,4	29,5	31,5	33,5	32,6	29,9	30,3	29,2	31,3	31,2
2034	31,4	33,3	29,4	29,5	28,9	31,3	32,6	31,9	28,6	31,8	29,9	29,9	30,7
2035	31,2	32,6	32,3	29,3	30,2	29,0	30,8	31,0	29,3	31,6	29,4	29,7	30,5
2036	30,3	32,1	32,3	29,8	30,0	32,0	35,1	33,2	28,5	33,0	29,7	32,6	31,5
2037	32,5	32,7	33,8	29,7	30,0	30,0	33,6	34,0	30,9	32,5	30,0	32,8	31,9
2038	34,4	34,1	33,0	30,2	30,8	31,5	34,2	35,5	30,7	33,8	32,0	34,0	32,9
2039	33,4	31,6	31,0	29,7	29,0	32,2	32,8	34,0	30,3	30,1	29,7	33,3	31,4
2040	31,8	30,8	31,0	28,7	31,6	31,7	32,8	32,9	30,4	34,7	30,8	33,2	31,7
2041	32,9	32,7	32,5	28,8	30,9	31,9	34,3	36,3	31,4	33,5	33,0	35,2	32,8
2042	36,0	34,6	32,0	29,4	30,6	31,4	33,0	32,7	30,9	33,6	29,8	33,4	32,3
2043	36,3	33,3	32,6	29,6	30,5	31,9	33,9	33,2	29,6	34,6	33,2	34,4	32,8
2044	36,2	30,9	30,5	28,4	32,6	32,1	34,5	34,4	30,7	33,8	30,5	33,9	32,4

## 2.5 Evaporación

### *Estación El Venado con el modelo HADGEM1*

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
2014	246	267	244	224	237	152	235	249	245	271	271	235	2875
2015	227	268	336	231	186	158	223	245	243	248	236	203	2803
2016	245	238	335	229	235	207	264	268	247	332	288	287	3174
2017	282	280	306	246	225	150	267	238	236	261	265	222	2978
2018	204	220	208	190	228	147	249	251	219	250	210	204	2580
2019	210	207	237	198	176	210	312	283	251	295	215	226	2821
2020	237	255	307	241	243	147	250	253	225	272	231	232	2892
2021	215	221	309	195	251	204	243	278	284	305	270	260	3035
2022	249	238	250	215	247	227	316	312	298	311	249	241	3154
2023	245	251	305	180	238	155	260	240	225	268	211	227	2805
2024	236	223	215	220	188	181	218	238	268	342	287	256	2872
2025	239	227	286	256	273	149	251	269	253	260	247	213	2922
2026	197	216	188	223	252	195	259	290	286	356	304	285	3053
2027	267	258	268	220	227	157	241	261	315	346	255	243	3058
2028	267	249	274	262	227	162	230	240	245	279	284	246	2967
2029	263	240	294	228	229	214	252	244	243	326	277	244	3054
2030	219	213	239	218	229	208	290	275	272	260	222	208	2853
2031	223	212	232	176	226	212	242	230	257	317	237	238	2801
2032	246	249	265	234	245	217	250	296	321	351	308	296	3277
2033	265	255	258	211	288	218	237	280	298	328	246	238	3122
2034	238	225	255	230	246	148	250	279	272	308	224	201	2876
2035	256	225	277	220	265	147	255	270	256	374	293	265	3102
2036	248	223	201	237	267	149	273	297	372	508	395	289	3459
2037	276	263	253	246	253	227	363	351	294	355	317	280	3476
2038	315	295	310	249	234	151	331	333	321	391	385	309	3624
2039	275	269	297	237	268	223	334	375	358	325	297	250	3507
2040	301	283	359	267	274	207	280	337	355	422	371	322	3778
2041	328	318	325	220	277	147	258	268	279	282	295	260	3257
2042	291	280	308	224	248	210	309	383	294	348	280	283	3459
2043	268	221	230	178	252	214	305	355	284	305	303	258	3171
2044	270	225	255	188	251	220	331	396	316	412	336	275	3474

*Estación El Venado con el modelo CGCM3T63*

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
2014	188	219	211	169	244	227	292	236	206	192	206	225	2615
2015	240	247	237	193	231	209	217	223	227	203	198	214	2639
2016	236	221	240	221	193	185	250	244	238	206	203	234	2671
2017	250	245	266	187	200	185	211	235	215	205	209	245	2653
2018	265	245	244	226	253	230	221	280	238	206	216	269	2894
2019	274	265	241	179	165	183	238	258	207	212	229	256	2709
2020	263	253	261	225	184	246	274	250	256	215	244	357	3028
2021	315	265	258	220	186	184	219	212	223	209	209	198	2699
2022	232	211	223	223	188	187	219	237	222	203	188	214	2547
2023	201	242	226	241	255	243	236	267	244	198	183	193	2731
2024	215	243	234	230	235	184	225	259	234	203	204	237	2703
2025	235	246	272	238	190	215	244	257	264	213	253	275	2902
2026	282	287	289	231	208	200	286	260	226	199	183	241	2893
2027	196	241	256	224	253	281	322	261	232	205	202	210	2881
2028	217	235	243	216	199	280	331	285	231	225	192	211	2864
2029	228	231	245	230	238	192	237	229	235	209	245	265	2784
2030	300	254	231	222	246	186	254	241	253	212	215	276	2890
2031	280	287	278	218	205	252	310	287	237	207	207	230	2998
2032	231	258	255	230	237	232	218	233	222	215	227	236	2793
2033	210	205	236	220	252	227	262	268	250	213	225	284	2854
2034	291	260	257	229	199	252	305	260	228	213	218	237	2950
2035	256	265	211	222	199	185	239	306	257	234	213	220	2808
2036	209	225	230	182	179	195	305	283	272	214	226	308	2828
2037	270	277	277	212	183	187	220	288	236	219	203	222	2795
2038	245	259	272	235	209	263	255	359	254	225	226	232	3034
2039	261	274	268	176	188	185	249	257	242	215	225	266	2805
2040	280	285	253	171	202	186	237	280	281	216	217	262	2870
2041	247	227	242	237	208	185	215	254	245	225	222	238	2744
2042	243	219	286	214	255	241	299	283	273	216	230	305	3062
2043	276	278	279	238	263	255	259	296	273	236	201	265	3119
2044	264	267	226	168	178	200	288	287	274	250	257	326	2983

*Estación El Venado con el modelo MIROC3.2*

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
2014	283	281	276	171	187	178	240	255	213	217	191	209	2701
2015	216	194	228	216	207	232	268	254	200	251	224	249	2740
2016	266	246	230	210	246	230	246	243	210	267	225	253	2871
2017	285	316	244	232	181	209	257	258	209	248	228	272	2937
2018	258	229	231	190	182	179	240	293	215	259	217	221	2715
2019	273	250	197	229	183	220	272	226	236	282	232	270	2871
2020	217	217	230	211	260	248	299	291	230	271	206	218	2899
2021	297	255	254	226	198	230	244	269	227	270	217	259	2948
2022	307	255	251	214	178	233	244	236	195	216	194	189	2711
2023	194	218	226	208	214	255	301	317	251	318	243	302	3047
2024	315	255	266	222	258	271	273	251	209	256	205	241	3022
2025	263	312	270	193	180	221	245	273	219	200	201	209	2786
2026	225	245	250	213	237	231	291	289	204	271	211	254	2922
2027	256	288	283	175	188	247	279	241	211	243	233	247	2890
2028	235	235	257	219	255	250	269	294	226	265	210	275	2992
2029	267	244	272	222	228	229	331	307	227	266	253	283	3130
2030	317	266	279	179	182	225	267	261	244	337	267	302	3127
2031	342	324	228	226	221	227	272	330	231	242	218	215	3074
2032	261	271	268	223	255	226	267	290	217	271	235	287	3073
2033	256	250	291	215	217	251	286	271	223	231	212	247	2949
2034	250	281	214	217	207	248	270	258	201	257	224	224	2851
2035	246	270	265	214	229	209	239	243	213	253	215	220	2817
2036	230	261	264	222	225	260	313	280	199	277	220	269	3020
2037	268	271	290	220	225	225	288	294	240	268	224	274	3088
2038	301	296	277	229	239	250	298	319	237	291	260	295	3292
2039	283	253	243	221	208	263	274	295	230	227	221	282	2997
2040	257	239	242	204	253	255	274	275	232	306	239	281	3055
2041	276	272	268	205	240	258	299	333	250	285	277	314	3278
2042	328	304	260	215	235	249	278	272	240	287	222	284	3173
2043	333	283	270	219	234	257	293	280	218	304	280	301	3271
2044	332	240	234	198	271	262	302	301	238	291	234	292	3194

### Apéndice 3

## PRODUCCIÓN DE AGUA EN LA CUENCA BAJO ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

3.1 Series de tiempo de caudales del río Machango en  
Puente Machango según los MGCA

3.2 Curvas de variación estacional según los MGCA.

Apéndice 3-1

**Apéndice 3.1**  
**Series de tiempo de caudales del río Machango en Puente**  
**Machango según los MGCA**

*HADGEMI*

ANO	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
2015	0,98	1,01	0,91	2,99	13,61	5,15	3,09	3,48	3,02	9,25	2,17	1,46	3,9
2016	1,34	1,34	1,19	2,41	3,05	1,27	1,86	4,48	3,33	3,18	1,66	1,04	2,2
2017	0,82	0,84	0,71	0,8	2,27	1,36	0,6	6,08	6,2	3,75	4,85	4,74	2,8
2018	1,19	1,17	0,99	1,1	2,14	0,99	0,93	2,33	6,77	5,07	2,43	1,04	2,2
2019	0,93	0,96	0,81	0,9	0,97	0,72	0,63	0,98	4,43	22,42	3,03	1,91	3,2
2020	1,21	1,21	1,06	1,16	1,68	1,06	1,09	2,12	6,38	2,88	1,6	2,45	2,0
2021	0,81	0,82	0,69	0,85	1,27	0,64	1,66	2,18	1,53	6,8	2,44	0,7	1,7
2022	0,62	0,64	0,54	0,81	0,51	0,47	0,42	0,48	4,67	5,41	3,15	0,73	1,5
2023	0,64	0,66	0,55	1,18	1,94	1,23	1,76	15,78	4,7	7,16	2,53	1,47	3,3
2024	1,16	1,15	1	1,07	3,17	8,18	1,76	1,5	1,8	3,92	1,66	1,27	2,3
2025	0,83	0,86	0,79	1,12	2,68	3,37	1,8	4,83	7,44	5,71	5,48	1,38	3,0
2026	1,2	1,24	1,06	1	0,92	1,02	0,85	1,34	1,61	1,82	2,43	0,69	1,3
2027	0,56	0,57	0,48	1,91	2,45	2,36	3,21	3,62	1,74	2,82	3,52	1,7	2,1
2028	0,65	0,64	0,56	0,61	8,18	6,84	3,78	7,52	3,1	4,94	1,53	1,82	3,3
2029	1,19	1,18	1	7,43	2,39	1,24	1,99	4,65	5,07	3,09	1,52	12,66	3,6
2030	1,36	1,23	1,03	1,09	0,91	0,88	0,79	1,65	2,02	9,25	12,36	3,52	3,0
2031	1,5	1,48	1,25	1,59	1,95	1,13	2,84	5,61	2,33	4,33	7,6	2,77	2,9
2032	1,34	1,23	1,07	1,3	3,89	1,34	3,41	4,24	2,09	4,29	1,18	1,04	2,2
2033	0,77	0,79	0,66	0,72	0,82	0,62	2,83	1,66	1,69	2,98	6,99	0,88	1,8
2034	0,66	0,68	0,58	0,72	1,61	4,05	0,95	1,62	3,95	9,91	19,39	1,77	3,8
2035	1,47	1,52	1,33	1,95	1,17	1,32	1,37	2,67	3,54	1,97	2,16	0,85	1,8
2036	0,74	0,73	0,64	0,75	0,9	2,07	0,77	1,67	0,71	0,91	0,92	0,39	0,9
2037	0,33	0,34	0,29	0,54	0,39	0,26	0,22	0,55	7,97	3,98	1,24	0,61	1,4
2038	0,5	0,52	0,44	0,48	0,68	0,54	0,33	2,65	1,89	2,76	0,56	0,35	1,0
2039	0,31	0,32	0,28	0,41	0,67	0,28	0,22	0,46	2,63	11,62	1,59	0,64	1,6
2040	0,58	0,57	0,5	0,89	1,21	1,32	0,58	1,79	1,27	2,2	1,62	0,79	1,1
2041	0,32	0,32	0,31	4,91	2,6	13,69	6,05	2,96	2,7	4,7	1,6	2,4	3,5
2042	1,04	1,99	0,93	1,18	0,97	0,81	0,67	0,68	4,09	3,13	0,98	0,71	1,4
2043	0,58	0,6	0,51	0,6	0,45	0,45	0,4	0,52	6,05	18,5	1,48	1,48	2,6
2044	1	1	0,87	0,84	0,76	0,73	0,66	0,66	2,25	4,77	1,03	0,62	1,3

CGCM3T63

ANO	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
2015	0,99	1,01	0,87	1,91	1,23	1,2	2,68	3,1	2,55	3,92	2,13	0,96	1,9
2016	0,71	0,71	0,76	1,15	5,21	1,83	1,05	2,61	3,04	13,31	2,16	1,07	2,8
2017	0,99	1,02	0,86	2,31	1,76	4,12	2,8	4,03	8,99	3,21	2,24	1,16	2,8
2018	1,07	1,11	0,93	0,9	0,86	0,86	1,02	0,85	1,71	2,54	1,01	0,61	1,1
2019	0,55	0,52	0,49	10,28	12,02	6,43	1,85	1,56	4,5	3,29	1,36	1,18	3,7
2020	1,09	1,09	0,96	1,06	2,54	0,93	0,79	0,86	2,25	2,09	0,68	0,55	1,2
2021	0,51	0,53	0,44	0,52	9,18	2,69	2,66	9,81	6,99	5,03	2,23	1,67	3,5
2022	1,26	1,31	1,1	1,26	5,93	2,26	3,03	2,9	4,42	8,29	20,54	2,7	4,6
2023	1,89	1,95	1,65	1,6	1,48	1,44	1,64	1,36	4,03	3,71	4,13	1,28	2,2
2024	1,09	1,07	1,07	1,2	2,48	5,41	2,6	3,03	7,06	9,08	2,64	1,44	3,2
2025	1,31	1,35	1,15	1,16	4,29	2,21	1,33	4,99	3,1	3,78	1,04	0,9	2,2
2026	0,83	0,86	0,73	0,87	1,89	0,93	0,7	1,03	8,79	6,36	3,94	1,43	2,4
2027	1,02	1,05	0,9	1,53	1,15	0,77	0,69	1,92	5,77	7,16	1,69	1,11	2,1
2028	1,35	1,11	0,81	1,31	2,02	0,73	0,64	0,78	2,82	7,28	5,09	1,11	2,1
2029	0,92	0,95	0,81	0,78	0,94	1,71	1,61	7,97	4,66	3,18	1,07	0,91	2,1
2030	0,85	1,8	0,93	1,59	4,08	0,91	1,64	5,49	4,38	6,17	1,45	1	2,5
2031	0,89	0,92	0,79	1,65	1,81	0,74	0,69	1,28	9,45	11,2	5	1,49	3,0
2032	1,3	1,29	1,13	1,35	1,49	1,94	2,49	2,22	6,55	3,36	2,09	1,53	2,2
2033	0,91	1,41	0,82	1,38	1,03	0,92	0,78	1,07	1,37	2,04	1,27	0,45	1,1
2034	0,42	0,44	0,37	1,75	2,32	0,49	0,44	0,97	9,16	7,74	1,1	0,93	2,2
2035	0,85	0,87	0,96	1,03	4,42	2,67	1,36	0,98	3,53	2,99	2,07	3,82	2,1
2036	1,07	0,74	0,76	1,93	12,4	1,34	1,07	0,99	2,39	11,99	1,68	1,07	3,1
2037	0,99	1,03	0,87	2,09	16,79	5,52	2,79	1,81	3,25	7,55	2,42	1,49	3,9
2038	1,31	1,35	1,14	1,18	1,4	0,99	1,13	0,96	2,92	8,24	1,94	1,68	2,0
2039	0,9	0,93	0,8	29,05	3,91	5,16	3,05	4,26	2,85	4,17	1,96	1,29	4,9
2040	1,16	1,16	1,02	6,37	3,19	7,53	2,62	2,3	5,64	6,4	2,37	1,72	3,5
2041	1,27	1,3	1,11	1,2	15,06	1,99	2,41	3,64	3,15	5,92	1,68	1,28	3,3
2042	1,05	1,23	0,98	2,26	1,31	0,85	0,79	0,8	3,04	5,86	1,56	0,81	1,7
2043	0,71	0,74	0,62	0,66	0,87	0,56	1,48	2,49	1,39	6,79	2,97	0,78	1,7
2044	0,65	0,65	4,28	26,89	5,13	2,75	1,89	2,18	3,67	7,74	1,74	1,52	4,9

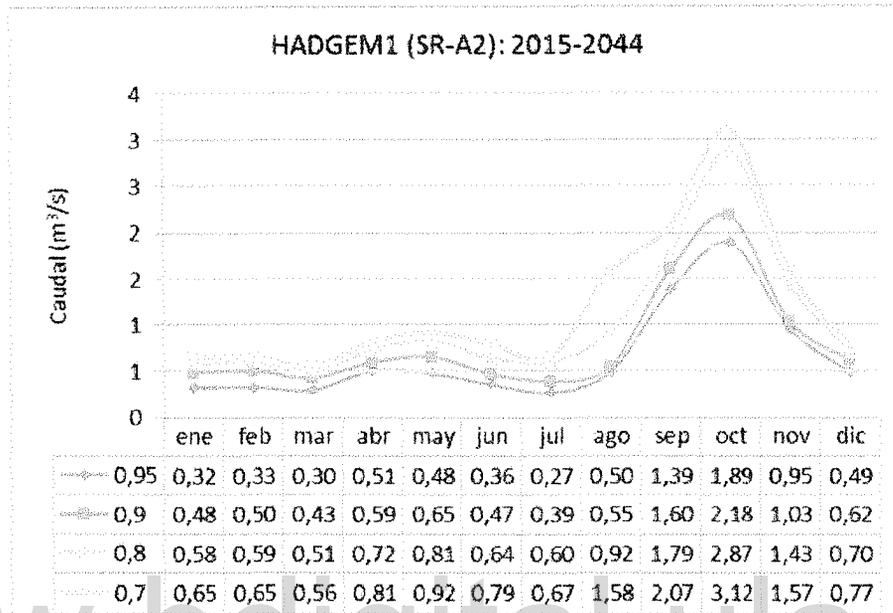
MIROC3.2

ANO	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
2015	1,16	1,02	0,85	0,96	1,83	1,14	1,04	6,49	5,23	6,32	2,16	1,08	2,4
2016	1	1	0,87	0,99	1,4	2,37	14,93	3,44	4,58	4,73	2,02	2,01	3,3
2017	1,22	1,18	1,03	1,56	15,7	6,49	2,11	4,78	4,64	22,35	4,4	2,18	5,6
2018	1,98	2,03	1,72	8,96	16,39	15,19	6,13	3,42	5,34	4,32	3,96	2,24	6,0
2019	2,12	2,16	1,82	2,2	7,75	5,08	2,76	7,78	4,09	6,75	1,96	1,76	3,9
2020	1,65	1,56	1,39	2,03	1,24	1,63	1,16	3,33	1,4	4,79	20,01	2,28	3,5
2021	1,49	4,08	2,37	2,57	5,55	2,09	12,26	3,51	3,44	2,56	4,14	2,03	3,8
2022	1,24	1,28	1,08	1,7	10,29	3,54	6,4	8,03	5,62	7,46	4,6	3,38	4,6
2023	1,98	1,91	1,6	1,78	3,4	1,73	1,38	1,27	1,81	1,56	2,09	0,89	1,8
2024	0,87	1,2	1,26	1,91	1,26	1,01	4,76	5,73	5,52	4,95	36,31	3,5	5,7
2025	1,93	1,98	1,74	9,95	24,05	15,27	9,66	6,09	6,52	17,61	5,67	5,37	8,8
2026	3,19	3,2	2,81	3,51	4,01	5,18	2,82	8,03	9,17	5,34	5,35	2,44	4,6
2027	2,12	2,16	1,82	4,13	3,94	3,52	9,66	7,72	6,39	13,06	3,04	2,57	5,0
2028	2,17	3	2,01	2,67	3,99	3,22	2,99	6,59	4,51	6,4	3,8	1,66	3,6
2029	1,51	1,55	1,3	1,25	3,05	3,07	1,1	1,39	1,96	2,48	0,94	0,78	1,7
2030	0,72	0,75	0,64	4,02	9,06	2,75	1,8	6	3,15	2,23	1,13	0,97	2,8
2031	0,9	0,93	1,62	1,96	13,55	3,49	7,89	3,99	3,32	20,57	28,27	4,25	7,6
2032	2,69	2,58	2,45	2,53	2,64	3	5,51	7,07	7,11	10,48	4,24	2,26	4,4
2033	2,03	2,1	1,77	5,85	16,26	4,08	6,68	7,99	4,93	6,56	3,8	2,2	5,4
2034	2,02	2,08	1,77	3,46	3,07	1,87	1,84	7,28	7,77	6,65	4,01	1,94	3,6
2035	1,63	1,68	1,41	2,61	5,87	4,39	6,8	8,23	5,55	8,82	3,1	1,97	4,3
2036	1,8	1,8	1,72	2,74	7,31	2,24	1,49	3,44	6,83	3,2	2,41	1,34	3,0
2037	1,23	1,26	1,1	8,21	3,74	2,98	2,24	4,37	3,03	5,79	3,57	1,28	3,2
2038	1,13	1,16	1,01	1,2	2,72	5,08	2,85	3,88	3,47	4,25	1,16	0,95	2,4
2039	0,87	0,9	0,78	0,94	3,37	1,18	3,18	3,81	2,73	10,3	2,18	1,24	2,6
2040	0,97	0,95	0,83	1,29	1,17	1,1	1,45	2,4	2,81	2,07	1,99	0,61	1,5
2041	0,53	0,54	0,46	2,49	5,12	4,26	1,1	1,46	1,85	3,33	0,79	0,61	1,9
2042	0,54	0,55	0,47	4,16	8,87	2,97	5,07	8,85	4,44	11,85	4,09	2,21	4,5
2043	1,61	1,66	1,41	1,5	2,53	2,85	2,5	4,16	5,01	2,58	1,18	1,04	2,3
2044	0,97	0,97	0,85	1,66	1,25	1,33	1,69	2,97	3	2,66	3,1	0,83	1,8

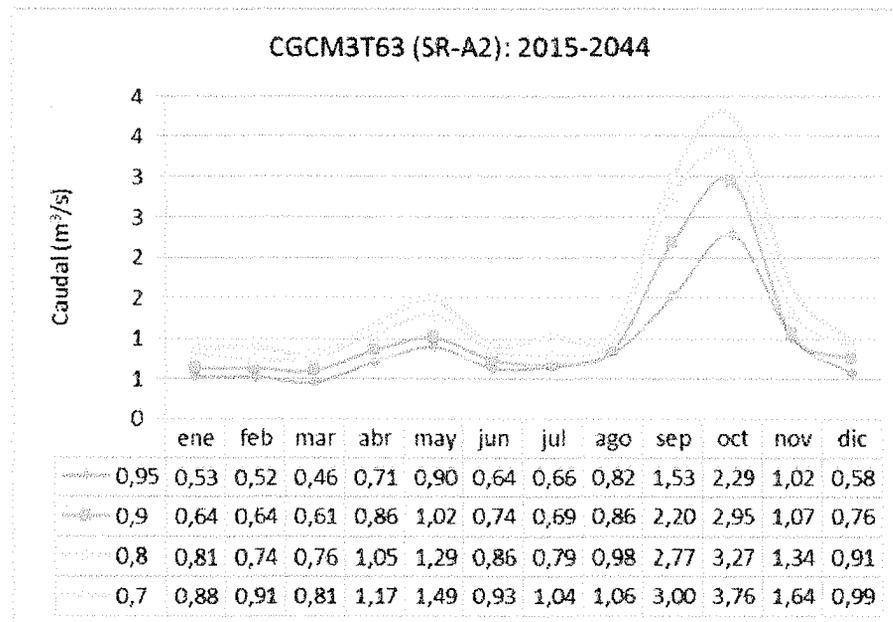
### Apéndice 3.2

#### Curvas de variación estacional según los MGCA

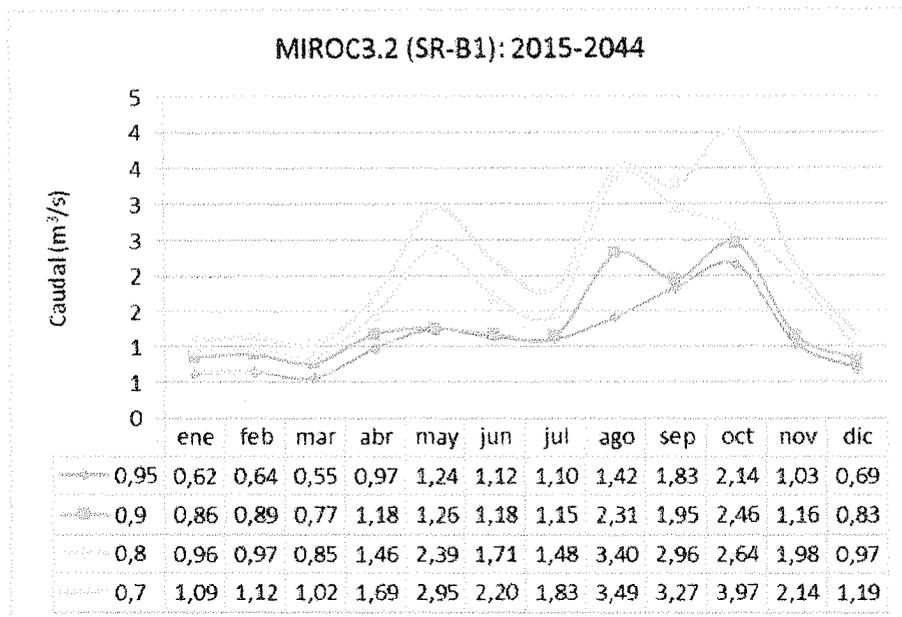
HADGEM1



CGCM3T63



MIROC3.2



www.bdigital.ula.ve