

Proyecciones climáticas en alta resolución como herramienta para la adaptación de infraestructura vial al cambio climático (CC)

– Caso de estudio: Nicaragua –

M. Sc. Andrés Herkrath Sanclemente



INVIAS
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS

UNIVERSIDAD DE
LA SALLE

Índice

1. Introducción general
2. Objetivo
3. Criterios de decisión
4. Metodología: Regionalización Dinámica y Estadística
 - i. Selección del MGC
 - ii. Selección del escenario RCP
 - iii. Configuración del modelo meteorológico
 - iv. Diseño y ejecución de las simulaciones
 - v. Tratamiento estadístico de los resultados
5. Resultados
6. Aplicabilidad y Conclusiones
7. Artículo científico



1. Introducción general: conceptos básicos sobre el CC

- El CC está impactando claramente a los sistemas antropogénicos y naturales en todos los continentes y océanos.
- **Es un fenómeno global de impacto local.**
- La interferencia humana con el sistema climático está ocurriendo claramente.
- El CC requerirá el diseño de enfoques locales basados en evaluaciones locales.
- La vulnerabilidad y la exposición a los riesgos del CC dependen de factores no climáticos.

→ Necesidad:

generar información base para entender el fenómeno de manera local y contemplar los riesgos climáticos a los que el proyecto se enfrentará en su vida útil.



1 Foro de
Gestión del
Riesgo y
Adaptación al
Cambio
Climático
Abril 25
Bogotá



UNIVERSIDAD DE
LA SALLE

1. Introducción general: Evaluación y gestión del riesgo del CC



AGRICULTURA

Sequías

Temperaturas
extremas

Régimen
pluviométrico



CIUDADES

Inundaciones

Temperaturas
extremas

Salubridad publica



TRANSPORTE

Temperaturas
extremas

Régimen
pluviométrico



ABASTECIMIENTO

Sequias

Régimen
pluviométrico

Balance hídrico

¿Cuáles son los impactos más relevantes del cambio climático en la región de estudio según la naturaleza del proyecto?



1 Foro de
Gestión del
Riesgo y
Adaptación al
Cambio
Climático
Abril 25
Bogotá

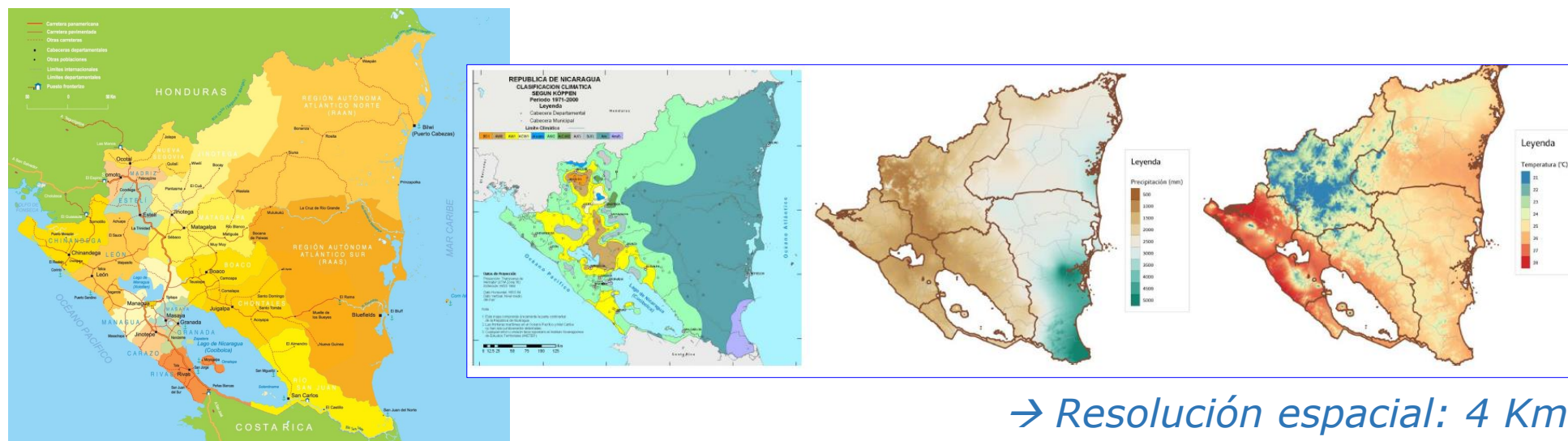


INVIAS
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS

UNIVERSIDAD DE
LA SALLE

Proyecciones climáticas en alta resolución como herramienta para la adaptación de infraestructura vial al cambio climático (CC)

– Caso de estudio: Nicaragua –



→ Resolución espacial: 4 Km.



1 Foro de
Gestión del
Riesgo y
Adaptación al
Cambio
Climático
Abril 25
Bogotá



UNIVERSIDAD DE
LA SALLE

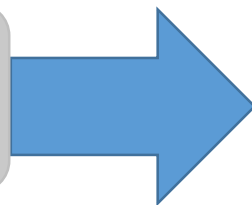
1. Introducción: Desarrollo de la metodología

¿Qué características debería tener la metodología para analizar el impacto del cambio climático en áreas de estudio?

Criterios científicos

- Adaptarse a las condiciones atmosféricas regionales (Nicaragua).
- Resolver fenómenos extremos sin suavizarlos.
- Reproducir el efecto en el sector económico de análisis (carreteras) en aquellas áreas donde no hay datos instrumentales.
- Proporcionar información a nivel local para poder desarrollar planes de adopción que correspondan a la realidad del entorno y sector (efecto sobre las carreteras).

**Sector de
análisis**



Estudiar las variables meteorológicas necesarias
(precipitación y temperatura)
para la aplicación en el sector de análisis.



1 Foro de
Gestión del
Riesgo y
Adaptación al
Cambio
Climático
Abril 25
Bogotá



INVIAS
INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS

UNIVERSIDAD DE
LA SALLE

2. Objetivo

Generar información científica base para ajustar el proyecto a los riesgos climáticos futuros minimizando su impacto durante la vida útil:

1. Revisión de información local existente (climática)

2. Desarrollo de proyecciones y escenarios climáticos

3. Diseños de ingeniería y estudios de pre-inversión

4. Desarrollo del proyecto



3. Criterios de decisión

¿Cuáles son los impactos del cambio climático sobre la red de transporte?

¿Qué sabemos previamente? Antecedentes

Impacto sobre taludes
(desprendimientos)



← Precipitación →

Impacto sobre el
firme



← Temperatura →



1 Foro de
Gestión del
Riesgo y
Adaptación al
Cambio
Climático
Abril 25
Bogotá



INVIAS
INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS

UNIVERSIDAD DE
LA SALLE

3. Criterios de decisión

¿Cuáles son los impactos del cambio climático sobre la red de transporte?



Intensidad de las precipitaciones extremas

El aumento de esta variable afecta a la estabilidad de los taludes por efecto del agua de escorrentía.



Identificación de impactos del CC sobre la red vial.



El aumento de esta variable provoca un aumento del riesgo de aparición de roderas y fisuras.



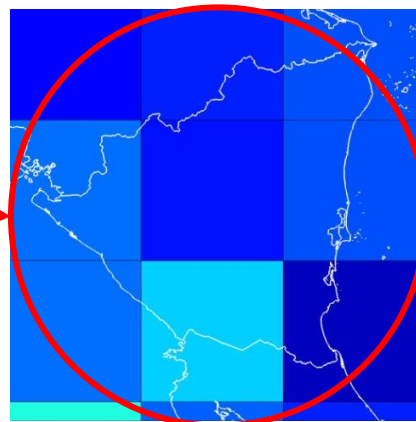
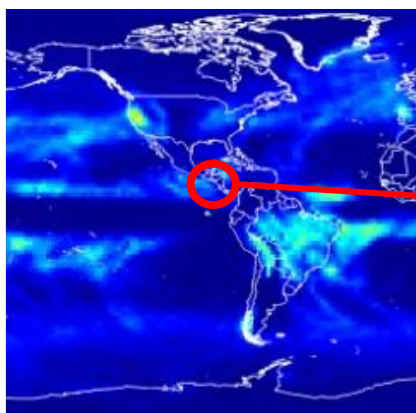
Temperaturas máximas



4. Metodología: Regionalización dinámica y estadística

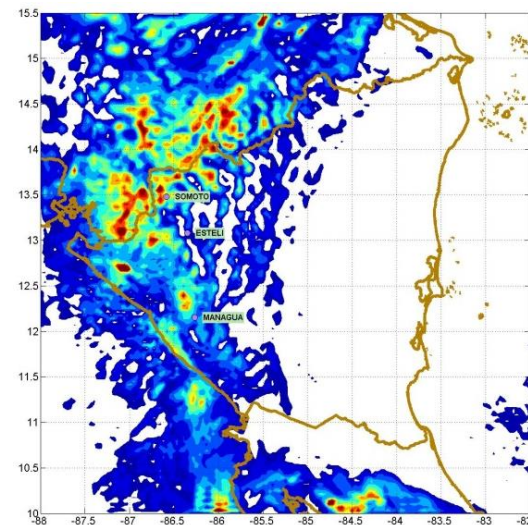
Propósito: Generar información climática donde no hay data instrumental en alta resolución espacial.

Datos existentes:
Modelos Globales de Circulación (MGC)
ensamblados con modelos regionales de
clima (RCM: WRF)



Análisis estadístico histórico

**Mapas climáticos en
alta resolución**



1 Foro de
Gestión del
Riesgo y
Adaptación al
Cambio
Climático
Abril 25
Bogotá



INVIAS
INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS

UNIVERSIDAD DE
LA SALLE

4. Metodología: Regionalización dinámica y estadística

- i. Selección del MGC
- ii. Selección del escenario RCP
- iii. Configuración del modelo meteorológico
- iv. Diseño y ejecución de las simulaciones
- v. Tratamiento estadístico de los resultados
- vi. Análisis de variabilidad climática

- Analizar qué requerimientos se deben pedir a la simulación climática para lograr el objetivo de la consultoría.
- Justificar porqué el modelo meteorológico propuesto es el más adecuado para analizar el impacto del Cambio Climático sobre la red vial de Nicaragua.
- Justificar porqué la Regionalización Dinámica es la metodología adecuada para tal efecto.



1 Foro de
Gestión del
Riesgo y
Adaptación al
Cambio
Climático
Abril 25
Bogotá



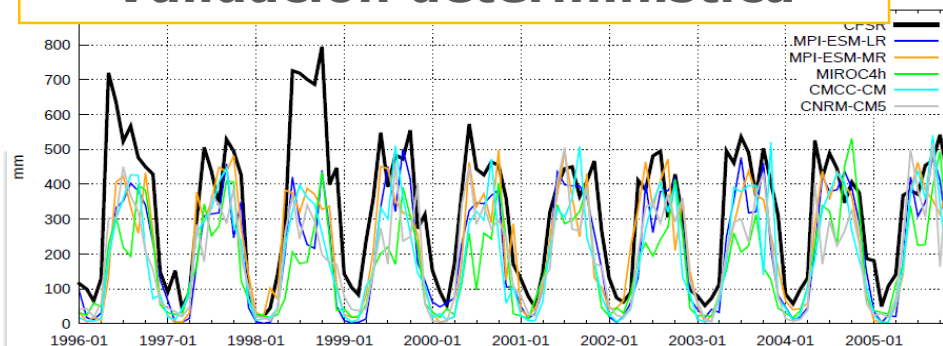
UNIVERSIDAD DE
LA SALLE

4.1. Metodología: Selección del MGC

OBJETIVO: Seleccionar el modelo climático global más apropiado como punto de partida para la regionalización dinámica.

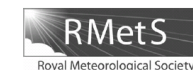
GCM	Res. hor.	Centro de Investigación
bcc-csm	2.81 °	Beijing Climate Center, China Meteorological Administration
CanCM4	2.81 °	Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis
CCSM4	1.25 °	NCAR Community Climate System Model
CMCC-CM	0.75 °	Centro Euro-Mediterráneo per I Cambiamenti Climatici
CNRM-CM5	1.41 °	Centre National de Recherches Meteorologiques / Centre Europeen de Recherche et Formation Avancees en Calcul Scientifique (CNRM/-CERFACS)
FGOALS-g2	2.81 °	Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences
GFDL-CM2p1	1.25 °	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory
IPSL-CM5A-LR	3.75 °	Institut Pierre-Simon Laplace
HadGEM2-ES	1.875 °	MetOffice
MIROC4h	0.51 °	University of Tokyo, National Institute for Environmental Studies, and Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology
MIROC5	1.41 °	University of Tokyo, National Institute for Environmental Studies, and Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology
MPI-ESM-LR	1.88 ° (45 niv.)	Max Planck Institute for Meteorology (MPI-M)
MPI-ESM-MR	1.88 ° (95 niv.)	Max Planck Institute for Meteorology (MPI-M)
MRI-CGCM3	1.13 °	Meteorological Research Institute-Japan

Validación determinística



Revisión científica, antecedentes y estudios previos locales

INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY
Int. J. Climatol. (2014)
Published online in Wiley Online Library
(wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/joc.4216



Skill of CMIP5 climate models in reproducing 20th century basic climate features in Central America

Hugo G. Hidalgo^{a,b,c} and Eric J. Alfaro^{a,b,c}

^a School of Physics, University of Costa Rica, San Pedro, Costa Rica

^b Center for Geophysical Research, University of Costa Rica, San Pedro, Costa Rica

^c Center for Research in Marine Sciences and Limnology, University of Costa Rica, San Pedro, Costa Rica

ABSTRACT: A total of 107 climate runs from 48 Coupled Model Inter-comparison Project 5 (CMIP5) general circulation models (GCMs) were evaluated for their ability to skillfully reproduce basic characteristics of late 20th century climate over Central America. The models were ranked according to metrics that take into consideration the mean and standard deviation of precipitation (*pr*) and surface temperature (*tas*), as well as the El Niño-Southern Oscillation (ENSO)-*pr* teleconnection. Verification was performed by comparing model runs to observations and a reanalysis dataset. Based on the rankings, the best 13 models were further evaluated. Not surprisingly, the models showed better skill at reproducing mean *tas* patterns throughout the year. The skill is generally low for mean *pr* patterns, except for some models during March, April, and May. With a few exceptions, the skill was low for reproducing the observed monthly standard deviation patterns for both *pr* and *tas*. The ENSO-*pr* teleconnection was better simulated in the best 13 model runs compared to the sea-surface temperature global pattern characteristic of ENSO which showed low skill. The Inter-tropical Convergence Zone (ITCZ) appeared better modeled in July than in January. In January, there were instances of a double ITCZ pattern. Some models skillfully reproduced the seasonal distribution of the Caribbean Low-Level Jet (CLLJ). More detailed research evaluating the specific performance of the models on a variety of time-scales and using parameters relevant to these and other climatic features of Central America is needed. This study facilitates a pre-selection of models that may be useful for this task.

KEY WORDS climate model; ITCZ; Caribbean Low-Level Jet; GCM; Central America; skill

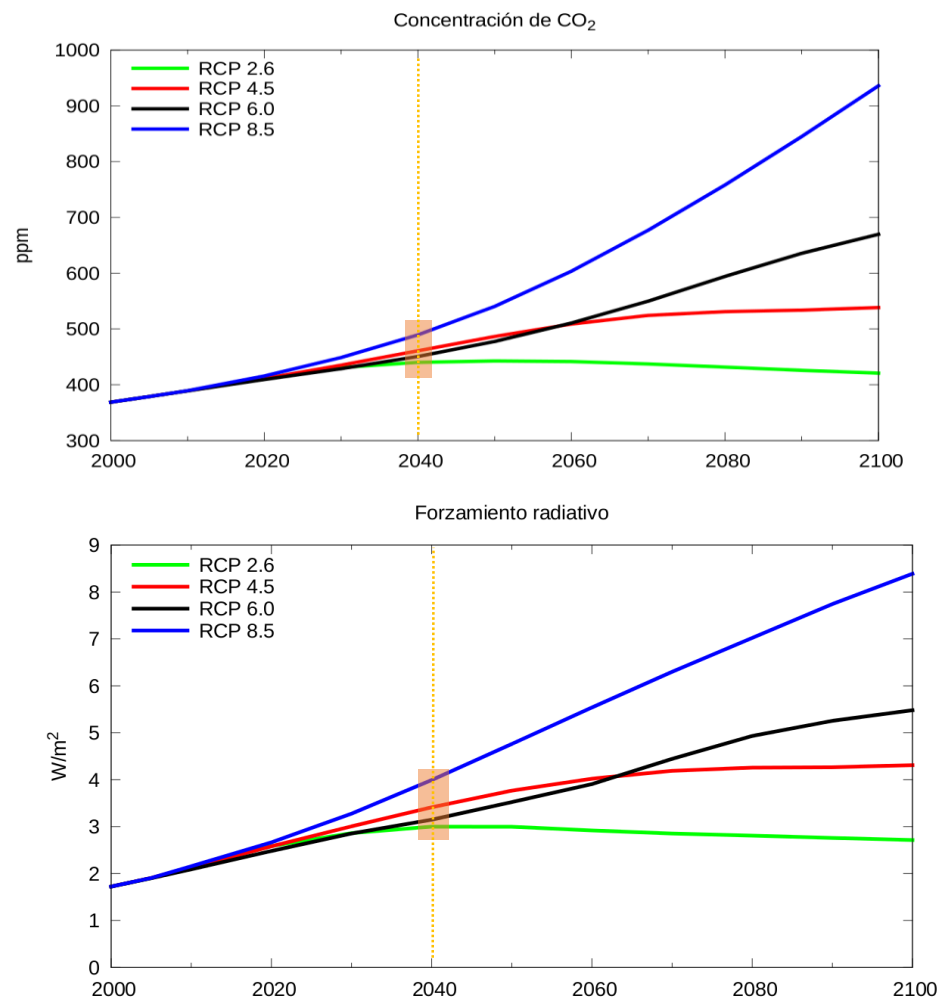
Received 12 March 2014; Revised 2 October 2014; Accepted 24 October 2014

1. Introduction

General circulation models (GCMs) are the main tool used by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) for projecting climate impacts at the end of the century (IPCC, 2013). GCMs are based on mathematical representations of the physical laws governing the earth's climate. Due to limitations in the modeling of small-scale processes and other deficiencies, GCMs cannot accurately

means or standard deviations of precipitation (*pr*) or surface temperature (*tas*) over the area of interest, and vice versa. Although some biases, e.g. in the monthly means and standard deviations of *pr* and *tas* patterns can be bias-corrected using statistical methods (Hidalgo *et al.*, 2013), other factors that affect the model's skill in representing important climatic phenomena (e.g. ENSO) cannot be corrected. Model selection, therefore, always implicitly requires compromise.

4.2. Metodología: Selección del escenario RCP



Representative Concentration Pathway (RCP)

Definen la evolución de las emisiones y el forzamiento radiativo bajo distintos escenarios socioeconómicos

Escenario

RCP2.6

RCP4.5

RCP6

RCP8.5



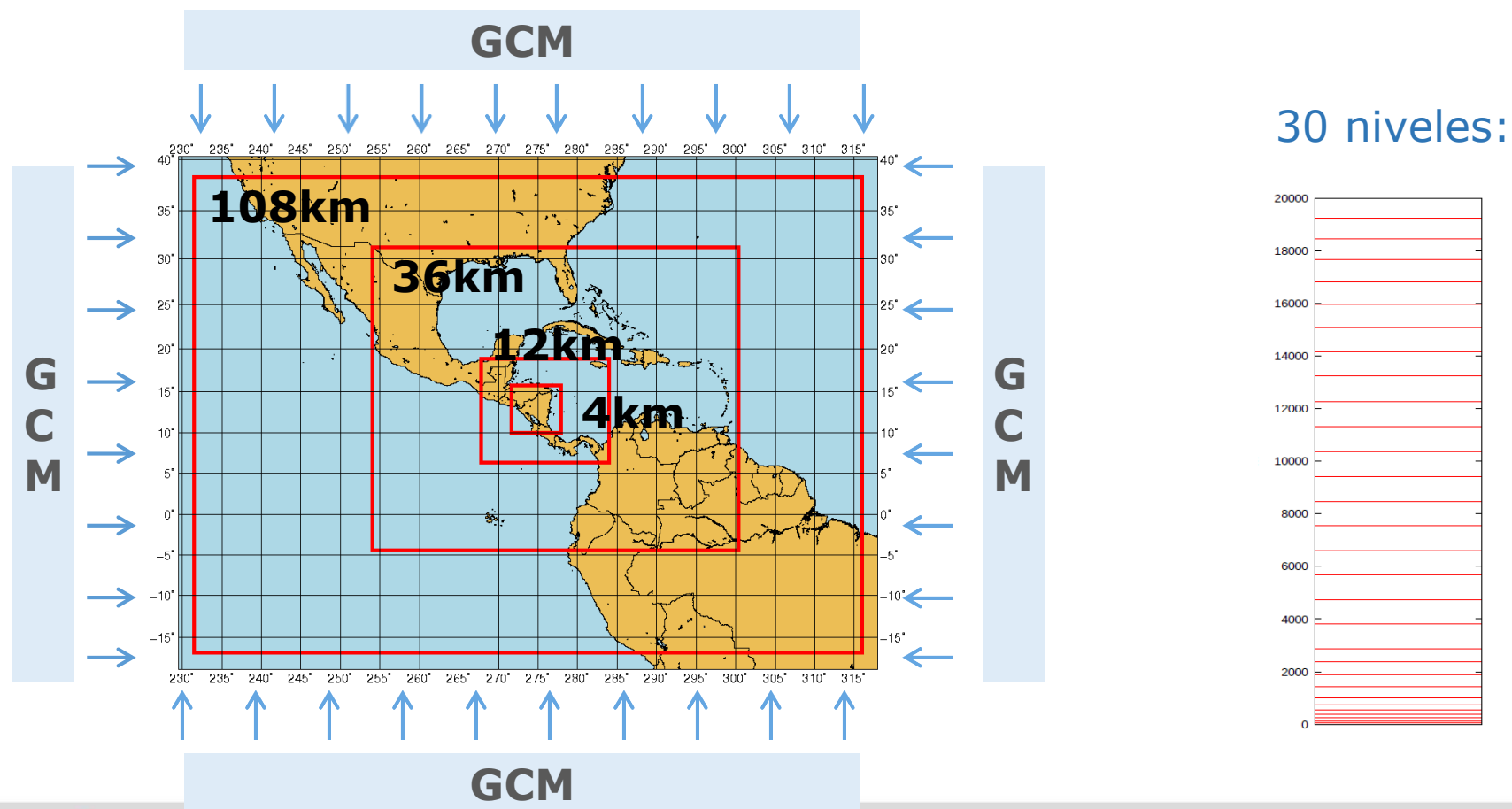
1 Foro de
Gestión del
Riesgo y
Adaptación al
Cambio
Climático
Abril 25
Bogotá



UNIVERSIDAD DE
LA SALLE

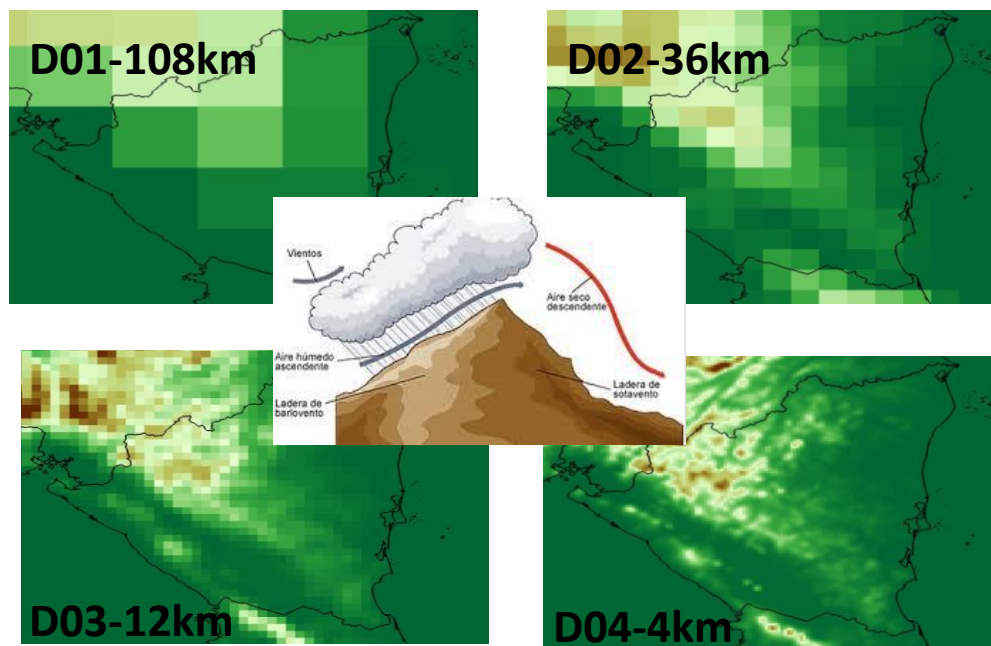
4.3. Metodología: Configuración del modelo WRF

Definición de arquitectura de dominios y niveles verticales:



4.3. Metodología: Configuración del modelo WRF

Mejora en los campos fisiográficos (topografía):



La regionalización dinámica permite considerar campos fisiográficos a una resolución adecuada para resolver los fenómenos meteorológicos locales



1 Foro de
Gestión del
Riesgo y
Adaptación al
Cambio
Climático
Abril 25
Bogotá

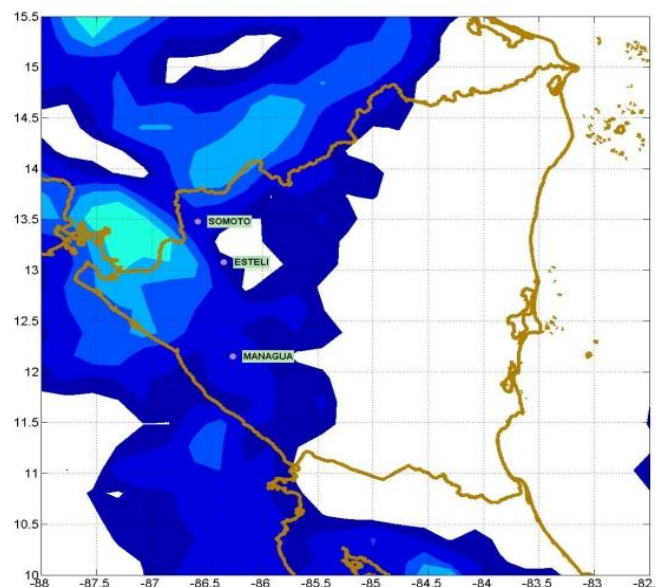


UNIVERSIDAD DE
LA SALLE

4.3. Metodología: Configuración del modelo WRF

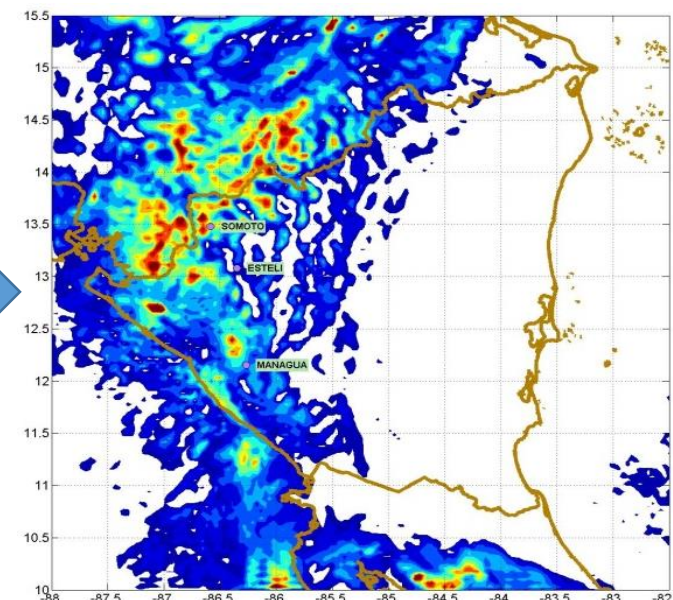
Precipitación diaria episodio 30/04/2015

25km:



downscaling

4km:



Describe con mejor detalle la variabilidad espacial y permite no subestimar los eventos extremos de precipitación que suceden en zonas concretas y períodos de tiempo cortos.



1 Foro de
Gestión del
Riesgo y
Adaptación al
Cambio
Climático
Abril 25
Bogotá

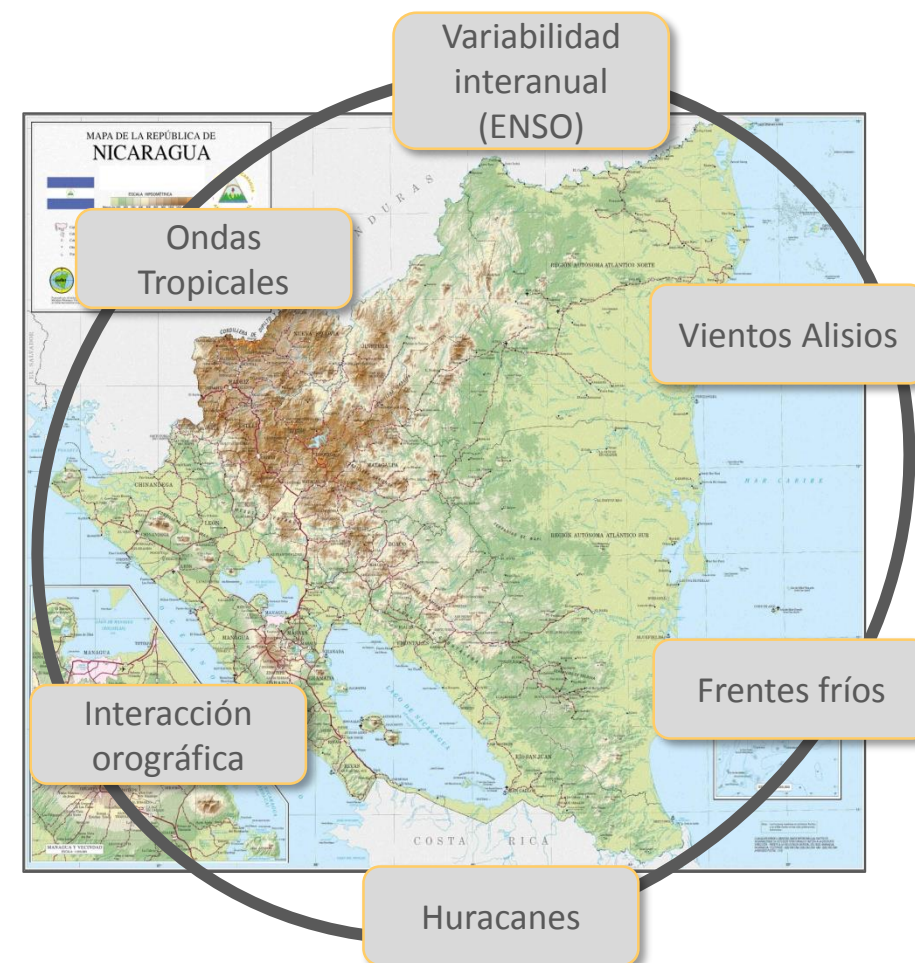


INVIAS
INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS

UNIVERSIDAD DE
LA SALLE

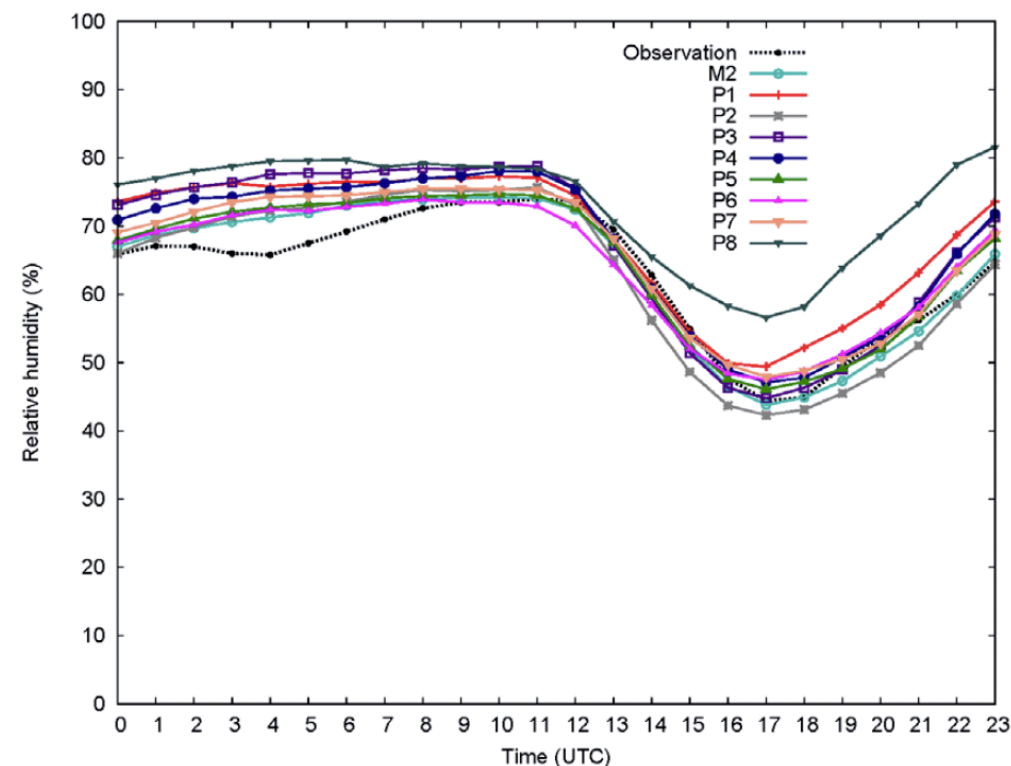
4.3. Metodología: Configuración del modelo WRF

1. **Identificación** de los fenómenos meteorológicos que el modelo mesoescalar debe resolver.



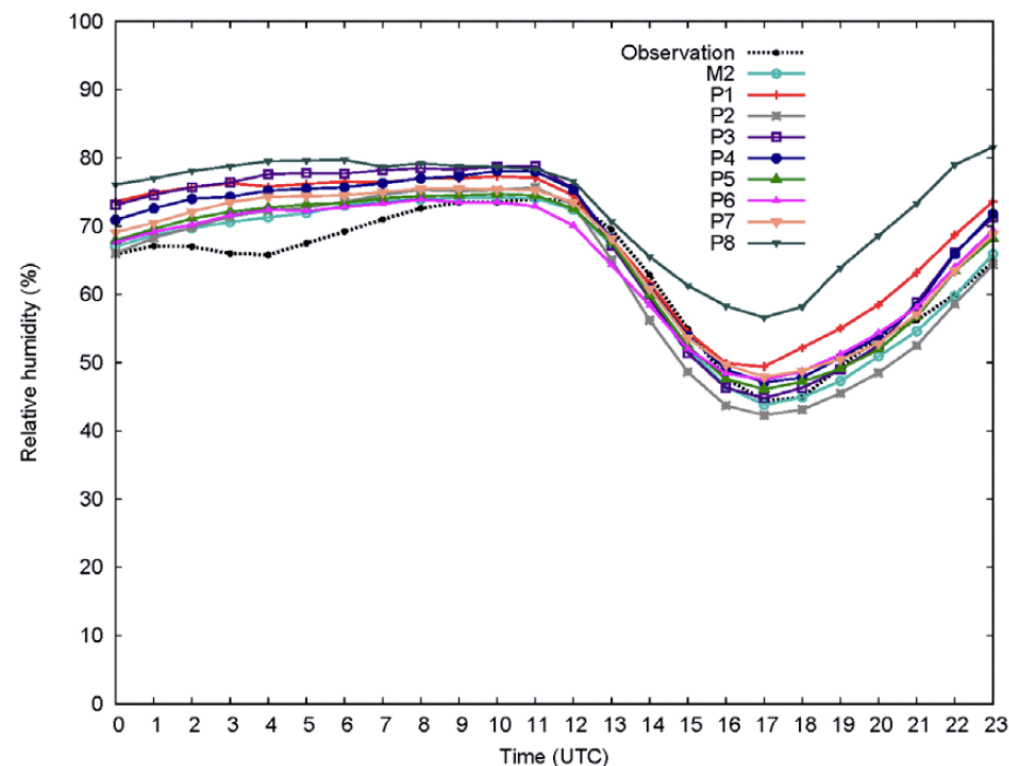
4.3. Metodología: Configuración del modelo WRF

- 1. Identificación** de los fenómenos meteorológicos que el modelo mesoescalar debe resolver.
- 2. Diseño** de una serie de configuraciones físicas.



4.3. Metodología: Configuración del modelo WRF

- 1. Identificación** de los fenómenos meteorológicos que el modelo mesoescalar debe resolver.
- 2. Diseño** de una serie de configuraciones físicas.
- 3. Simulación de 1 año** completo para cada configuración física.



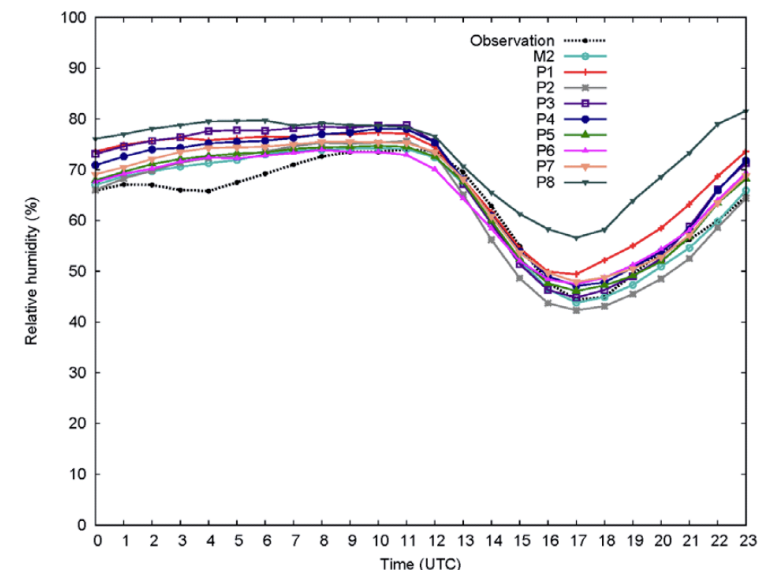
1 Foro de
Gestión del
Riesgo y
Adaptación al
Cambio
Climático
Abril 25
Bogotá



UNIVERSIDAD DE
LA SALLE

4.3. Metodología: Configuración del modelo WRF

- Identificación** de los fenómenos meteorológicos que el modelo mesoescalar debe resolver.
- Diseño** de una serie de configuraciones físicas.
- Simulación** de **1** año completo para cada configuración física.
- Validación** de la precipitación / temperatura diagnosticada contra los datos de estaciones.



Meteorological parameter	Statistic and benchmark	WRF Configuration								
		M2	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Temperature	MB (K) < ±0.50	0.18	-0.25	0.30	-0.46	-0.32	0.06	0.02	-0.05	-0.97
	MAGE (K) < 2.00	1.64	1.71	1.69	1.77	1.74	1.68	1.73	1.69	2.20
	IOA ≥ 0.80	0.90	0.89	0.90	0.90	0.89	0.90	0.89	0.90	0.81
Wind speed	MB (m s ⁻¹) < ±0.50	0.22	1.01	0.68	1.13	0.07	0.41	0.41	0.25	0.48
	RMSE (m s ⁻¹) < 2.00	2.01	2.40	2.26	2.53	1.73	1.95	2.27	1.89	2.06
Wind direction	MB (°) < ±10.00	-10.01	-1.78	-13.40	-10.97	-10.66	-12.12	-7.06	-6.14	0.60
	MAGE (°) < 30.00	66.32	65.39	62.62	70.63	64.02	61.48	57.24	64.74	75.97
Relative humidity	MB (%) < ±10.00	-0.79	4.22	-1.42	3.11	2.80	0.61	0.26	1.59	9.06
	MAGE (%) < 20.00	10.34	10.51	10.24	10.71	10.17	9.48	9.30	9.96	15.09
	IOA ≥ 0.60	0.80	0.78	0.81	0.80	0.81	0.82	0.82	0.80	0.65



1 Foro de
Gestión del
Riesgo y
Adaptación al
Cambio
Climático
Abril 25
Bogotá



UNIVERSIDAD DE
LA SALLE

4.3. Metodología: Configuración del modelo WRF

- Identificación** de los fenómenos meteorológicos que el modelo mesoescalar debe resolver.
- Diseño** de una serie de configuraciones físicas.
- Simulación** de **1** año completo para cada configuración física.
- Validación** de la precipitación / temperatura diagnosticada contra los datos de estaciones.
- Selección** de la mejor configuración física para Nicaragua.

Configuration	Microphysics	Longwave radiation	Shortwave radiation	Surface Layer	Land Surface	PBL	Cumulus
Default	WSM3	RRTM	Dudhia	MM5 similarity	Noah	YSU	KF
C1	WSM3	RRTM	Dudhia	MM5 similarity	Noah	YSU	BMJ
C2	WSM3	RRTM	Dudhia	MM5 similarity	Noah	YSU	GF
M1	SBU-YLin	RRTM	Dudhia	MM5 similarity	Noah	YSU	Best cumulus configuration selected
M2	Morrison 2-mom	RRTM	Dudhia	MM5 similarity	Noah	YSU	Best cumulus configuration selected
P1	Best microphysics configuration selected	RRTM	Dudhia	Eta similarity	Noah	MYJ	Best cumulus configuration selected
P2	Best microphysics configuration selected	RRTM	Dudhia	MM5 similarity	Noah	ACM2	Best cumulus configuration selected
P3	Best microphysics configuration selected	RRTM	Dudhia	QNSE	Noah	QNSE	Best cumulus configuration selected
P4	Best microphysics configuration selected	RRTM	Dudhia	MYNN	Noah	MYNN3	Best cumulus configuration selected
P5	Best microphysics configuration selected	RRTM	Dudhia	MM5 similarity	Noah	GBM	Best cumulus configuration selected
P6	Best microphysics configuration selected	RRTM	Dudhia	MM5 similarity	Noah	BouLac	Best cumulus configuration selected
P7	Best microphysics configuration selected	RRTM	Dudhia	MM5 similarity	Noah	UW	Best cumulus configuration selected
P8	Best microphysics configuration selected	RRTM	Dudhia	TEMF	Noah	TEMF	Best cumulus configuration selected
Best configuration	Best microphysics configuration selected	RRTM	Dudhia	SL selected associated to the best PBL conf.	Noah	Best PBL configuration selected	Best cumulus configuration selected
M2-LES	Morrison 2 moment	RRTM	Dudhia	MM5 similarity	Noah	LES	Best cumulus configuration selected



4.4. Metodología: Ejecución de las simulaciones

1980 → 2010 → 2040

PERÍODO HISTÓRICO

PERÍODO FUTURO

**Simulación WRF forzada con
Reanálisis**

Caracterización de la climatología de
Nicaragua
Validación de la metodología
planteada

Análisis de la climatología futura a
nivel decadal

Simulación WRF forzada con el MGC seleccionado



1 Foro de
Gestión del
Riesgo y
Adaptación al
Cambio
Climático
Abril 25
Bogotá

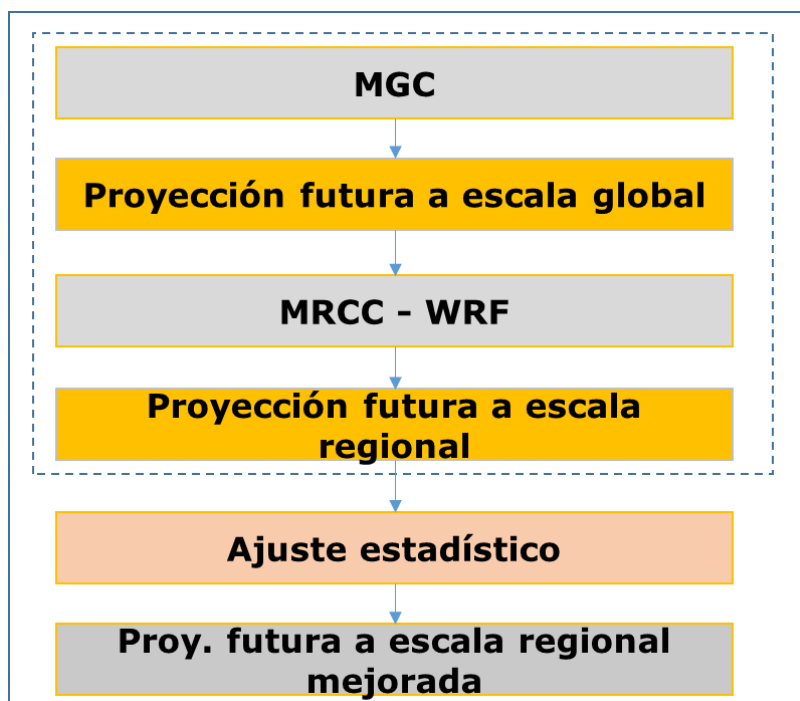


INVIAS
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS

UNIVERSIDAD DE
LA SALLE

4.5. Metodología: Tratamiento estadístico de los resultados

Estimación de la desviación del modelo una vez ha sido correctamente configurado para el diseño de un **sistema estadístico de ajuste** para ser aplicado al período histórico y al período de proyección futuro.



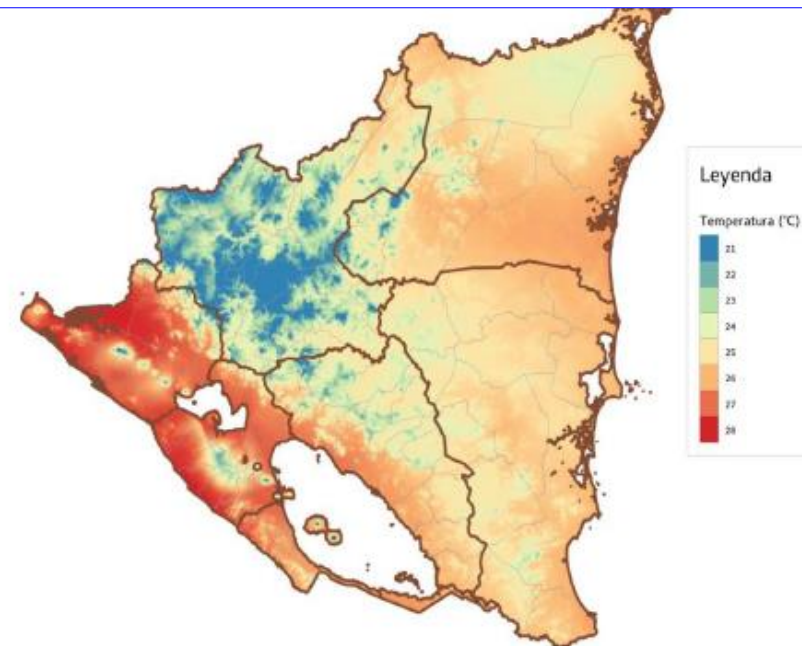
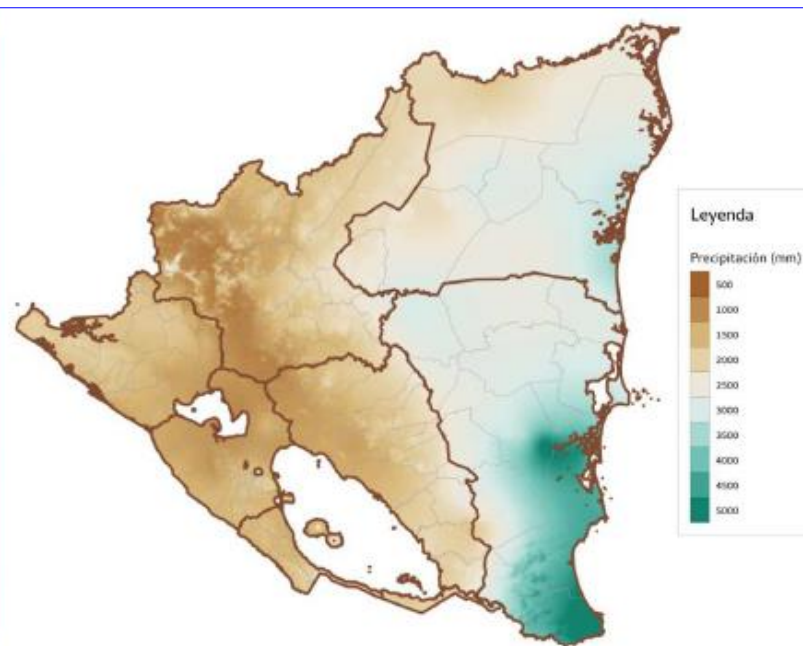
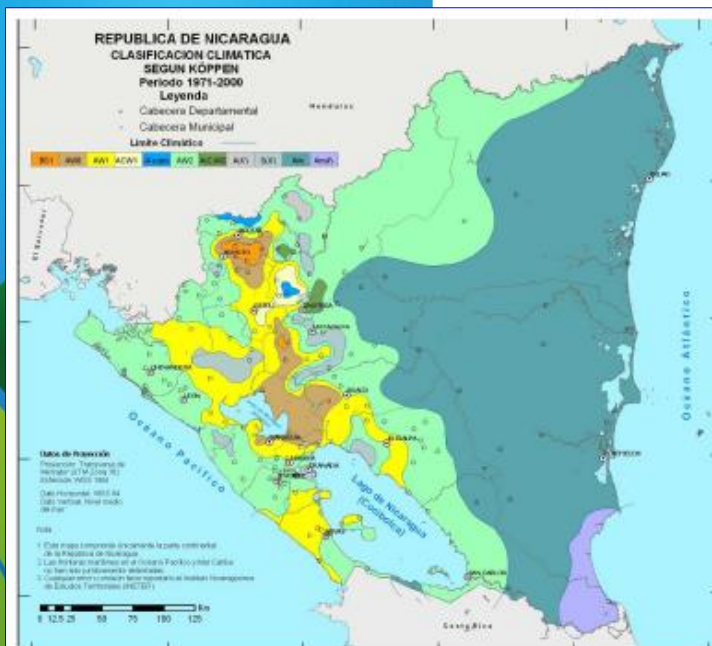
1. Evaluación de la desviación de las variables de temperatura y de precipitación puntualmente para las localizaciones donde haya disponibilidad de datos de estaciones.
2. Definición del algoritmo de corrección.
3. Análisis objetivo de interpolación espacial.



Red de
estaciones
meteorológicas

5. Resultados:

→ Insumo base para la definición de medidas de adaptación al cambio climático por tramo vial de carretera y minimizar el correspondiente impacto a lo largo de su vida útil.



1 Foro de
Gestión del
Riesgo y
Adaptación al
Cambio
Climático
Abril 25
Bogotá



UNIVERSIDAD DE
LA SALLE

5.1. Resultados: Análisis de la variabilidad climática

→ Evaluar el impacto de la variabilidad climática sobre la red de carreteras

Métricas climáticas

Temperatura y Precipitación media y extrema

Temperatura media/máx.

Perfiles
mensuales

Histogramas de
Distribución

Inten. de
precipitación
media/máx.

Curvas
IDF

No. días
 $T^{\circ} > 35^{\circ}\text{C}$

No. días
consecutivos
 $T^{\circ} > 35^{\circ}\text{C}$

Distribución
geográfica

Anomalías

No. días consecutivos
sequía/húmedos

% días húmedos/secos

Evolución valores anuales

No. Días
sequía/húmedos

Preci.
Acumulada

Análisis espacial: Nacional, Regiones Climáticas, Departamentos

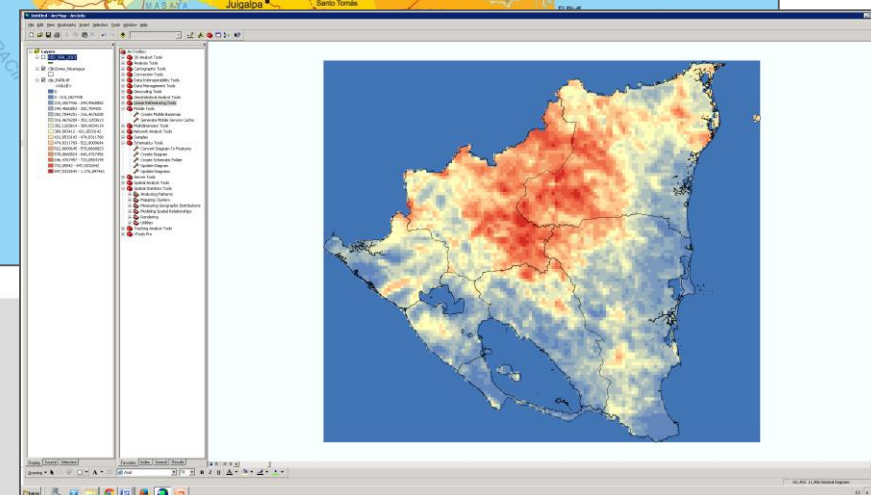
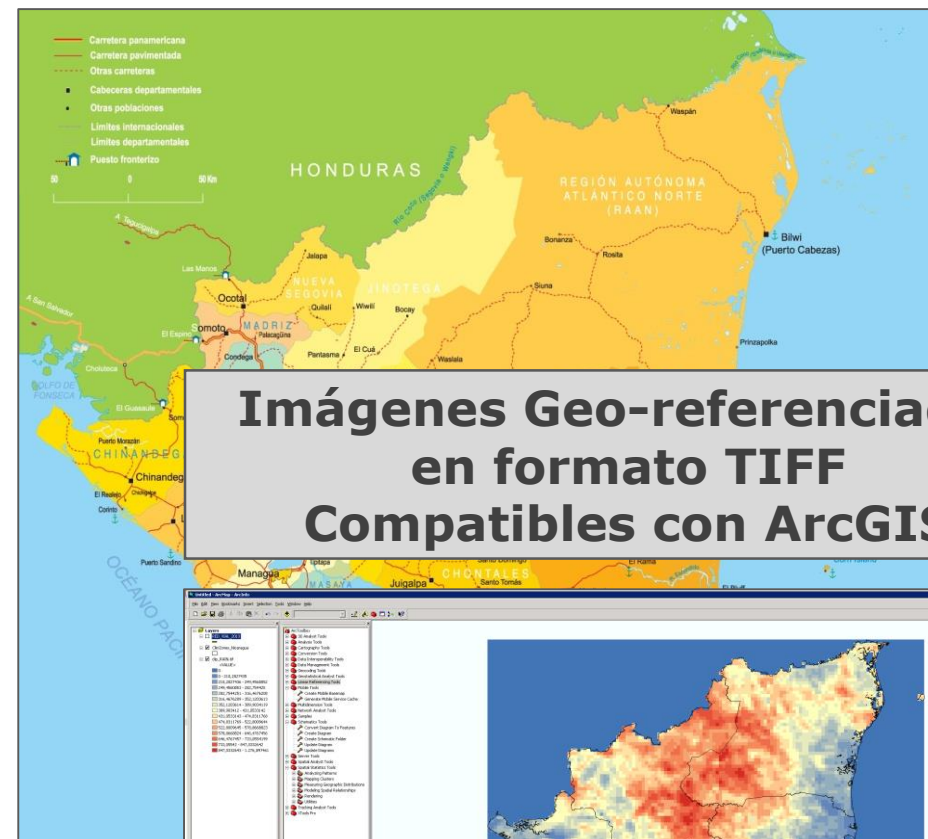
Categorizado por periodos temporales:

(anual, mensual, época seca, época húmeda, histórico 1980-2009 y futuro 2010 -2039)

5.2. Resultados: Productos

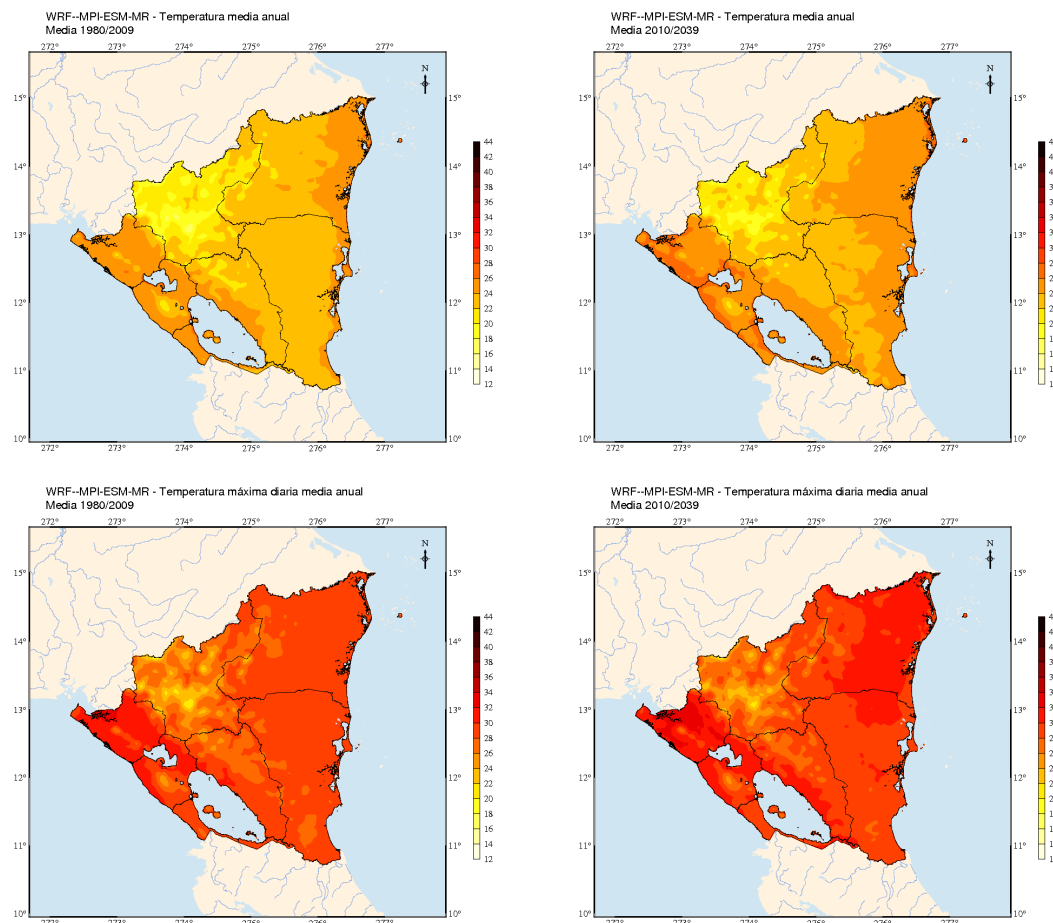
Evaluación de impacto

- Elaboración de **mapas climáticos** que representen la variabilidad espacial de métrica climática
- Evaluación local para **tramos o puntos críticos** de carretera previamente acordados.

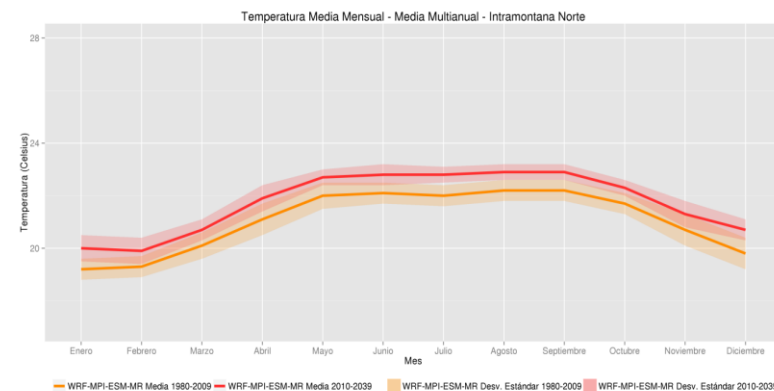


1 Foro de
Gestión del
Riesgo y
Adaptación al
Cambio
Climático
Abril 25
Bogotá

5.3. Resultados: Temperatura



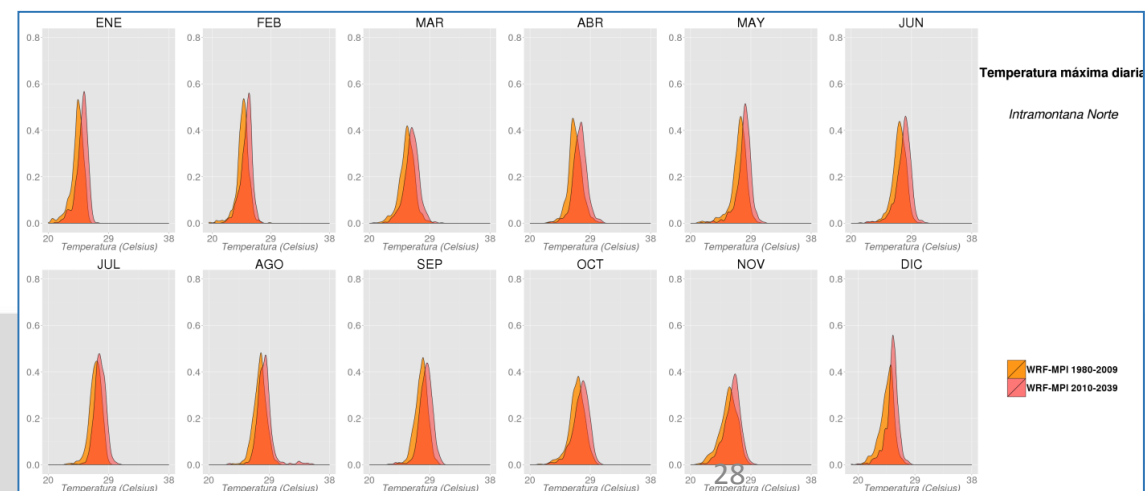
Se mantiene la variabilidad intra-anual.



En valor relativo, los aumentos de la temperatura media son especialmente relevantes en las zonas más montañosas de la Cordillera de Isabelia y de Amerrisque.

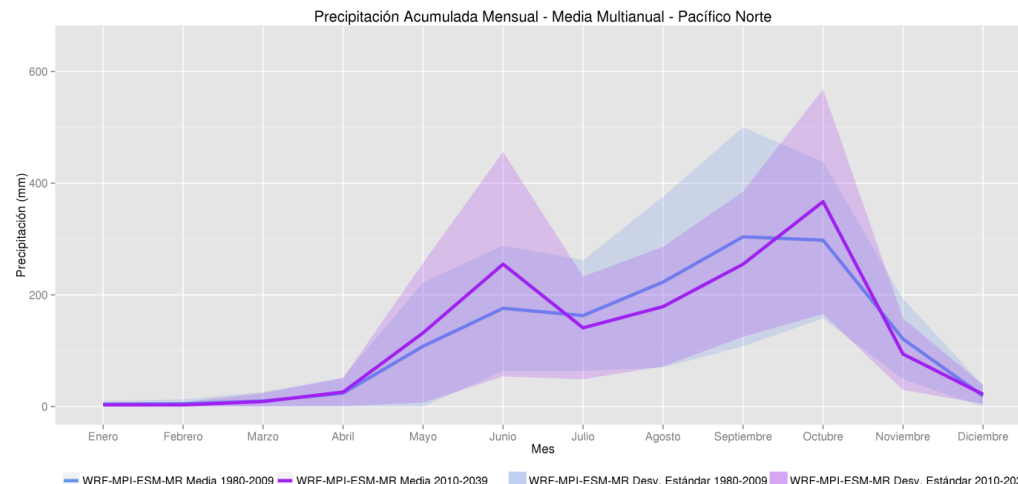
5.3. Resultados: Temperatura

	T media (°) 1980-2009	T media (°) 2010-2039	T máxima (°) 1980-2009	T máxima (°) 2010-2039
Pacífico Norte	24,7	25,9	33,9	34,8
Pacífico Central	24,6	25,3	32,4	33,1
Pacífico Sur	25,3	25,9	31,3	32,0
Intramontana Norte	21,0	21,8	30,2	31,0
Intramontana Sur	23,2	23,9	31,7	32,5
Caribe Norte	23,6	24,4	33,3	33,9
Caribe Sur	23,4	24,1	32,8	33,5

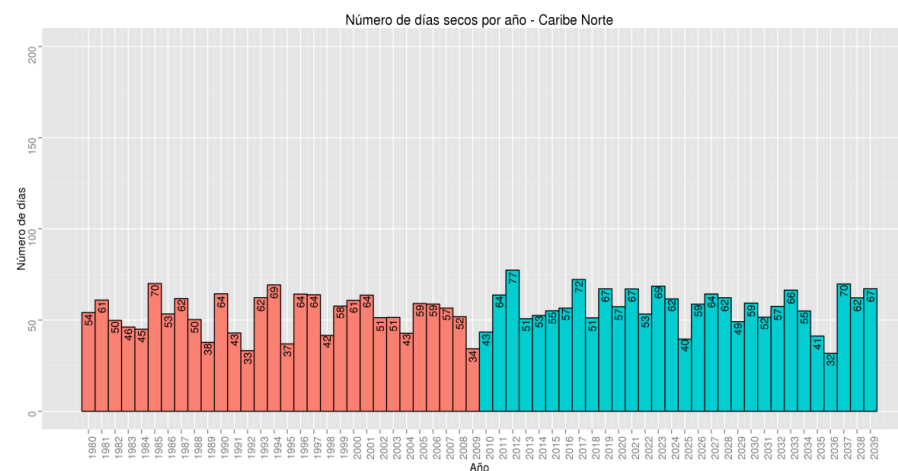


1 Foro de
Gestión del
Riesgo y
Adaptación al
Cambio
Climático
Abril 25
Bogotá

5.4. Resultados: Precipitación



Se observan cambios en el patrón intra-anual aunque dentro de su propia variabilidad intra-anual. De 177 a 255mm (PN), de 170 a 234mm (PC) y de 201 a 236mm (PS) durante el mes de junio.



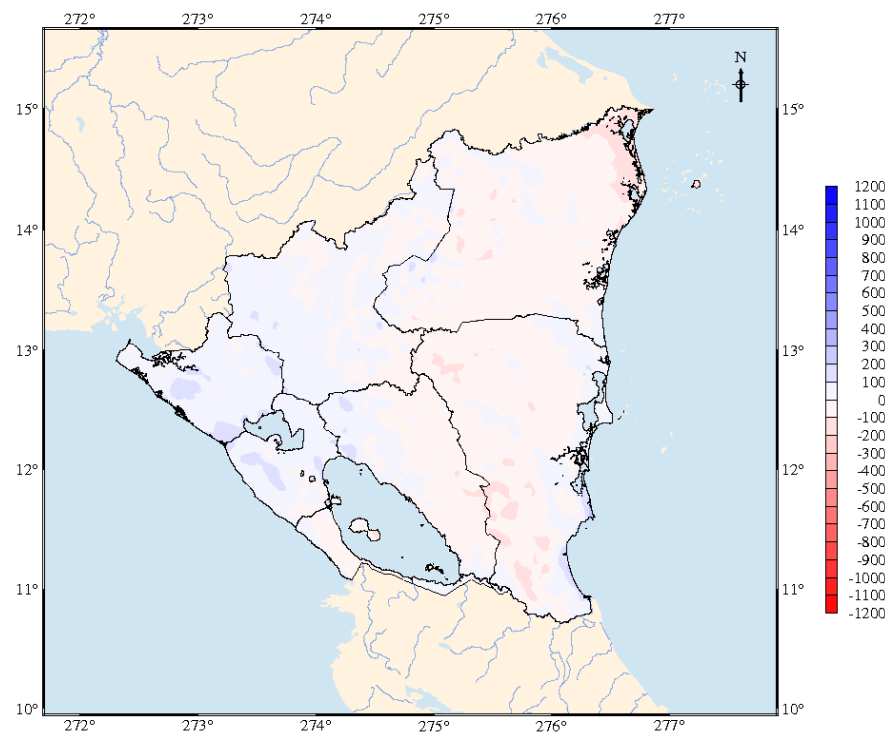
Se observa una tendencia al aumento del número de días secos anuales en todas las regiones climáticas. Más significativa en las regiones del Caribe e Intra. Norte (9-10%) que en las regiones del Pacífico (5-6%).



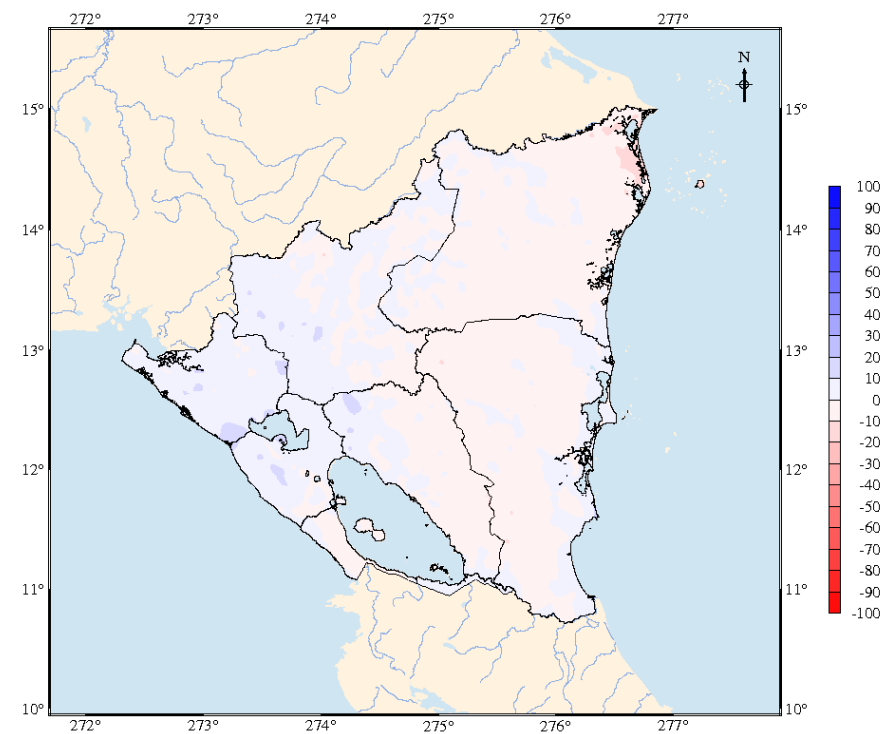
5.4. Resultados: Precipitación

Periodo Húmedo

WRF--MPI-ESM-MR - Anomalía (mm) de la precipitación acumulada mensual



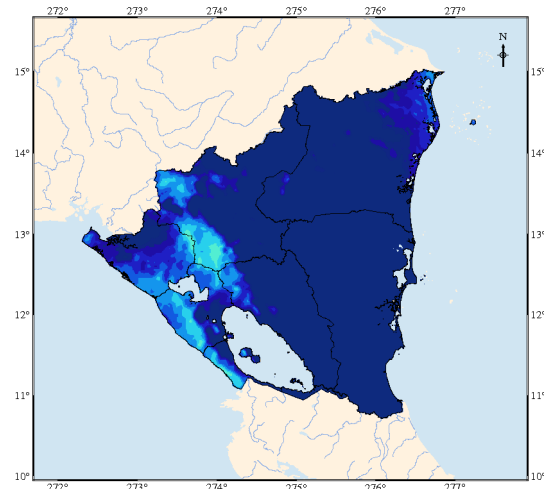
WRF--MPI-ESM-MR - Anomalía (%) de la precipitación acumulada



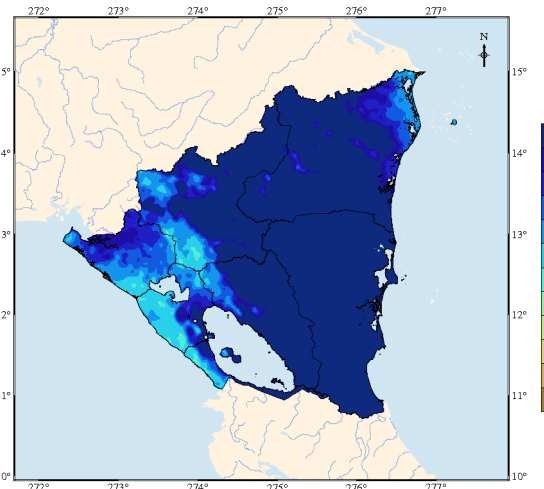
Anomalía negativa dominante en las Regiones Autónomas, Chontales y Río San Juan, y anomalía positiva en los Departamentos de Chinandega, Estelí, León y Managua.

5.4. Resultados: Precipitación

WRF-MPI-ESM-MR - Longitud máxima de la racha húmeda anual
Media 1980/2009

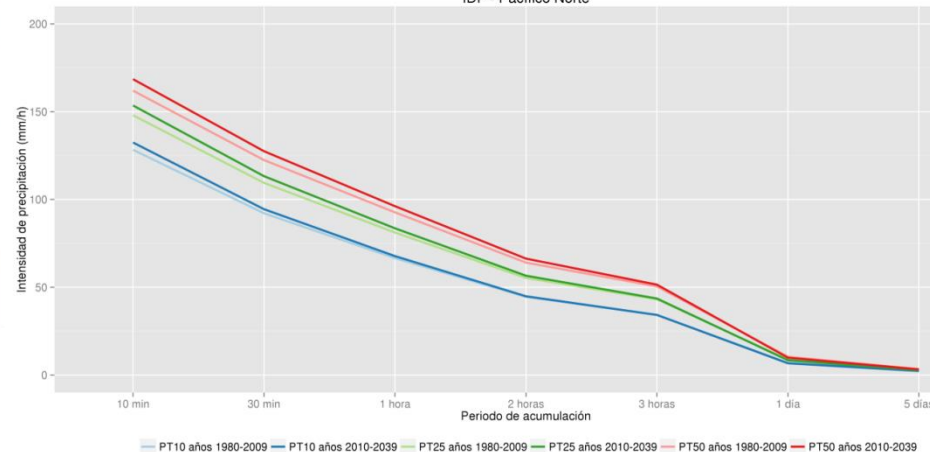


WRF-MPI-ESM-MR - Longitud máxima de la racha húmeda anual
Media 2010/2039

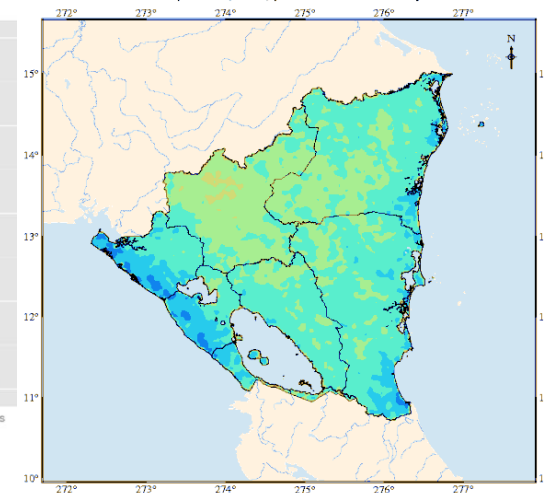


Precipitación acumulada:
Aumento de la racha húmeda
en los Departamentos del
Pacífico.

IDF - Pacífico Norte



WRF-MPI-ESM-MR -- 2010/2039
Intensidad de Precipitación (mm/h) para un PR de 10 años y duración 10m



Periodo de retorno
10 años y duración
10 minutos.

6. Aplicabilidad y conclusiones

- El modelo atmosférico propuesto permite simular las condiciones meteorológicas de escala regional y mesoescalar, asegurando que todos los procesos involucrados en la determinación de las variables meteorológicas que afectan al impacto del CC sobre la red vial están considerados.
- El modelo atmosférico propuesto permite proveer información a nivel muy local gracias a la alta resolución espacial con la que trabaja.
- El modelo atmosférico permite adaptarse a las condiciones atmosféricas de Nicaragua.
- La metodología propuesta permite trabajar con el MGC más adecuado para Nicaragua (**Se recomienda usar un ensamble de MGC*).

6. Aplicabilidad y conclusiones

- La metodología de regionalización permite resolver fenómenos extremos sin suavizarlos.
- La metodología de regionalización permite reproducir el efecto sobre las carreteras en aquellas zonas donde no hay datos instrumentales.
- El producto corresponde a un sistema de generación de información que permite una mejor evaluación a nivel local de situaciones que puedan comprometer la vida útil de los proyectos – se recomienda realizar en las etapas tempranas de los proyectos.
- LA METODOLOGÍA ES COMPLETAMENTE REPLICABLE EN CUALQUIER PAÍS O SECTOR ECONÓMICO.



6. Aplicabilidad y conclusiones - Para Colombia -

- Partiría de los escenarios de CC desarrollados por el IDEAM.
- Esta en línea con la NDC de Colombia, en el marco de inclusión de CC y VC en los PINES.
- Permite continuar avanzando en los planes de CC del sector vial; ejemplo red vial secundaria y terciaria o férreo.
- Respuesta a las regiones en sus planes de CC y VC en el componente de infraestructura.



1 Foro de
Gestión del
Riesgo y
Adaptación al
Cambio
Climático
Abril 25
Bogotá



UNIVERSIDAD DE
LA SALLE

7. Artículo científico

Assessment of Climate Change in Nicaragua: Analysis of Precipitation and Temperature by Dynamical Downscaling over a 30-Year Horizon

*Josep Maria Solé¹, Raúl Arasa¹, Miquel Picanyol¹, M^a Ángeles González¹,
Anna Domingo-Dalmau¹, Marta Masdeu¹, Ignasi Porras¹, Bernat Codina^{1, 2}*

1: Technical Department, Meteosim S.L., Barcelona, Spain

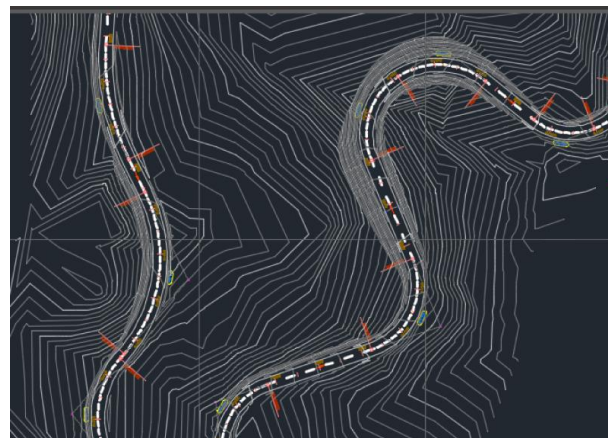
2: Department of Astronomy and Meteorology, University of Barcelona, Barcelona, Spain

Disponible en:

<http://www.scirp.org/Journal/PaperInformation.aspx?PaperID=68368>



¿Preguntas?



CONTACTO:

Andrés Herkrath
Country Manager Colombia
T +57 3165386716
aherkrath@meteosim.com
www.meteosim.com



1 Foro de
Gestión del
Riesgo y
Adaptación al
Cambio
Climático
Abril 25
Bogotá



INVIAS
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS

UNIVERSIDAD DE
LA SALLE