

**INDICADORES DE EVENTOS EXTREMOS EN LOS ESCENARIOS DE
CAMBIO CLIMÁTICO PARA EL PERIODO 2011-2040**

**INDICES FOR EXTREME EVENTS IN CLIMATE CHANGE SCENARIOS
FOR 2011-2040 PERIOD**

Guillermo Eduardo Armenta, José Franklyn Ruiz

Grupo de Modelamiento de Tiempo, Clima y Escenarios de Cambio Climático

Subdirección de Meteorología, Instituto de Hidrología, Meteorología

y Estudios Ambientales . IDEAM

RESUMEN

Con el fin de determinar el impacto que puede tener el cambio climático sobre Colombia, se realizaron simulaciones del clima del futuro de acuerdo a los escenarios propuestos por el IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change* . Panel Intergubernamental del Cambio Climático) en el cuarto informe de evaluación (AR4) (IPCC, 2007). Estas simulaciones se hicieron con el modelo regional PRECIS (*Providing Regional Climates for Impacts Studies*) a una resolución de 25 kilómetros y se simularon los escenarios A2, B2 y A1B con dos variaciones en las condiciones de frontera para este último. Una vez obtenidos los datos, se extrajeron los valores diarios de precipitación y temperaturas máxima y mínima para obtener índices de eventos extremos con el paquete estadístico R-Climdex, y con ellos analizar el comportamiento del cambio climático para Colombia en el periodo 2011-2040. Los resultados

muestran que la temperatura tenderá a aumentar y que las precipitaciones disminuyen principalmente en el centro y suroccidente del país.

Palabras clave: eventos extremos, R-Climdex, escenarios, cambio climático, Colombia.

ABSTRACT

To determine the impact that climate change can do over Colombia, were realized simulations of future climate according to the scenarios proposed by IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) in the fourth assessment report (AR4) (IPCC, 2007). These simulations were made with the regional model PRECIS (*Providing Regional Climates for Impacts Studies*) on a resolution of 25 kilometers and were simulated the scenarios A2, B2 and A1B with two different border conditions for this last one. With the data generated by the model, were taken the daily values of precipitation and maximum and minimum to get indices for extreme events through the statistical software R-Climdex, and with them to analyze the behavior of climate change for Colombia in 2011-2040 period. The results shows that the temperature tends to increase and the precipitation decreases mostly in the center and southwest of the country.

Keywords: extreme events, R-Climdex, escenarios, climate change, Colombia.

INTRODUCCIÓN

Muchos aspectos de la vida humana se han visto afectados por el inminente cambio climático que ocurre en el planeta Tierra. Sectores como la agricultura, la economía, la salud, etc., han tenido nuevos retos que afrontar

con este cambio. En Colombia, con el fin de definir políticas que ayuden tanto a mitigar el impacto del cambio climático como la adaptación a éste, se utilizan proyecciones que deben ser lo más coherente posible con el comportamiento del clima de nuestro país. El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales . IDEAM, como la principal autoridad en el territorio colombiano en las materias ambientales, realizó la simulación de los escenarios de cambio climático propuestos por el IPCC en el informe AR4 (IPCC, 2007). Se simularon los escenarios A2, B2 y A1B con el modelo PRECIS a una resolución de 25 Km.

El presente artículo muestra el análisis de los indicadores de eventos extremos obtenidos con el paquete estadístico R-Climdex utilizando los datos generados con el modelo PRECIS para el periodo 2011-2040.

MATERIALES Y MÉTODOS

PRECIS es un sistema de modelamiento regional de tercera generación desarrollado por el Centro Hadley del Reino Unido. Este modelo surge de las necesidades de varios países de tener proyecciones climáticas a nivel regional, pero muchos de ellos, especialmente los países en vías de desarrollo, no cuentan con los recursos económicos suficientes para obtener un sistema de cómputo de gran capacidad de procesamiento y almacenamiento de información.

Con este modelo se realizaron las corridas de tres escenarios, de acuerdo al IPCC (IPCC, 2007). Estos escenarios son:

- Escenario A1B: Describe un futuro de rápido crecimiento económico, una rápida introducción de tecnologías nuevas y eficientes y un crecimiento de la población mundial que alcanza su valor máximo a mitad del siglo y que luego disminuye. En esta familia de escenarios

las regiones mundiales convergen, se crea capacidad y aumento de interacción social y culturas y se da una reducción significativa de las diferencias en cuanto al ingreso por habitante. Las tecnologías de los sistemas de energía compuestas por el uso equilibrado de todas las fuentes fósiles y no fósiles.

- Escenario A2: En este escenario el mundo se caracteriza por ser muy heterogéneo y por el crecimiento continuo de la población mundial. Cada región se distingue por su autosuficiencia, la orientación principal del crecimiento económico a sí mismas, la fragmentación en los ingresos por habitante y el uso constante e intensivo de sistemas de energía de fuentes fósiles.
- Escenario B2: Predominan las soluciones regionales a la sostenibilidad económica, social y medioambiental. Se tienen niveles de desarrollo económico intermedios y tecnológicos diversos pero de menor velocidad de cambio. Aunque esta familia de escenarios se enfoque en la igualdad social y la protección del medioambiente, los demás aspectos de desarrollo se presentan a nivel local y regional.

El modelo PRECIS se configuró para correr la zona que corresponde al territorio colombiano (Figura 1). Las simulaciones se realizaron con una grilla de 25 kilómetros de resolución, la cual es la más fina que permite el modelo, y el periodo simulado para los escenarios fue 2011-2100.

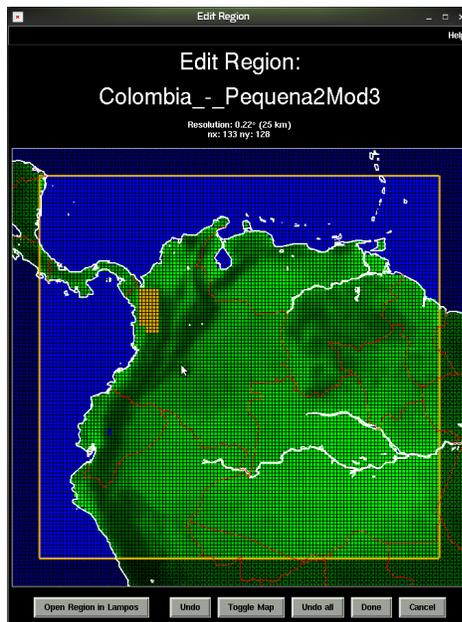


Figura 1. Zona definida para las simulaciones con el modelo PRECIS

Además de la simulación de los escenarios, se realizó la simulación de clima presente, el cual se utilizó como medida de comparación de la habilidad del modelo en simular la representación de las variables meteorológicas (Ruiz, 2010). El escenario base utilizado fue el ERA40 (*ECMWF re-analysis for 40 years*) para el periodo 1971-2000.

Las variables seleccionadas para los diferentes estudios y análisis se encuentran en el Anexo 1. La escala temporal de las variables van desde datos horarios hasta datos anuales. Cabe anotar que el modelo no realiza la simulación de todas las variables en todas las escalas, es decir, para algunas variables el modelo sólo genera datos mensuales, trimestrales y anuales, mientras que para otras el modelo genera además datos horarios y diarios.

Las condiciones de frontera para los escenarios A2, B2 y A1B están definidas por el modelo global HadCM3 del Reino Unido. Adicionalmente, para el escenario A1B se hizo otra simulación con las condiciones de frontera del

modelo ECHAM5 del Instituto Max Planck de Alemania, ya que en la evaluación de modelos de cambio climático realizada para el territorio colombiano (Rodríguez, 2010) se encontró que el mejor modelo que representó el comportamiento de las variables meteorológicas fue el ECHAM5.

Para el estudio de los índices de eventos extremos, se utilizaron las variables temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación en la escala temporal diaria y para 1423 estaciones a nivel espacial (Figura 2). Estas variables se seleccionaron para poder utilizar el software estadístico R-Climdex, el cual permite el cálculo de numerosos índices de eventos climáticos. R-Climdex fue desarrollado por Byron Gleason del NCDC (*National Climate Data Centre*) de la NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*). Este programa calcula 27 índices básicos recomendados por el Equipo de Expertos de CCI/CLIVAR para *%Climate Change Detection Monitoring and Indices+* (ETCCDMI), así como también otros índices de temperatura y precipitación con límites definidos por el usuario (IDEAM, 2011).

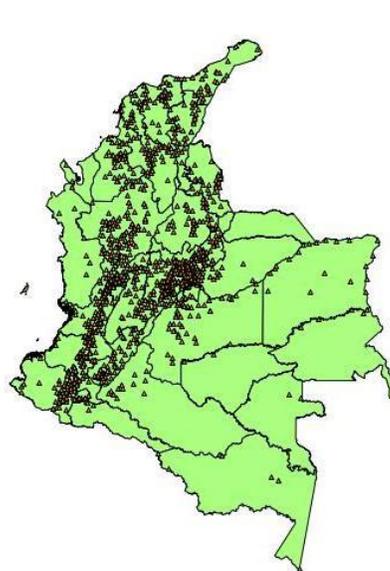


Figura 2. Ubicación de las estaciones del estudio.

Los índices seleccionados para el estudio se muestran en la Tabla 1. De los 27 índices que se pueden obtener con el programa (Peterson, 2005; Karl et. al.,1999; Peterson et. al., 2001), se seleccionaron 19 agrupados de acuerdo a la variable a analizar.

CRITERIO DE AGRUPACIÓN	DESCRIPCIÓN	ÍNDICE
Asociados al comportamiento de la precipitación.	Mayor número de días secos consecutivos en un año.	CDD (# días)
	Mayor número de días húmedos consecutivos en un año.	CWD (# días)
	Precipitación total al año.	PRCPTOT (mm)
	Número de días en un año con lluvia mayor a 10mm.	R10mm (# días)
	Número de días en un año con lluvia mayor a 20mm.	R20mm (# días)
	Número de días en un año con lluvia mayor al extremo superior normal de precipitación de la estación.	Rnnmm (# días)
	Número de días en un año con lluvia mayor al percentil 95 para los días húmedos (Prec. > 1,0mm).	R95P (# días)
	Número de días en un año con lluvia mayor al percentil 99 para los días húmedos (Prec. > 1,0mm).	R99P (# días)
Precipitación total anual/ días con lluvia al año con precipitación > 1,0mm.	SDII (mm/día)	
Asociados al comportamiento de la temperatura mínima (temperatura en la noche).	Porcentaje de días con temperatura mínima menor al Percentil 10 (Noches frías).	TN10p (%)
	Porcentaje de días con temperatura mínima mayor al Percentil 90 (Noches calientes).	TN90p (%)
	Temperatura nocturna mínima: Valor mensual mínimo de la temperatura mínima diaria.	TNN (°C)
	Temperatura nocturna máxima: Valor mensual máximo de la temperatura mínima diaria.	TNX (°C)
	Conteo anual de días (por lo menos 6 días consecutivos) en que la temperatura mínima (TN) < percentil 10 (duración de periodos fríos).	CSDI (# días)
Asociados al comportamiento de la temperatura máxima (temperatura en el día).	Porcentaje de días con temperatura máxima menor al Percentil 10 (Días fríos).	TX10p (%)
	Porcentaje de días con temperatura máxima mayor al Percentil 90 (Días calientes).	TX90p (%)
	Temperatura mínima durante el día: Valor mensual mínimo de la temperatura máxima diaria.	TXN (°C)
	Temperatura máxima durante el día: Valor mensual máximo de la temperatura máxima diaria.	TXX (°C)
	Conteo anual de días (por lo menos 6 días consecutivos) en que la temperatura máxima (TX) > percentil 90 (duración de periodos calientes).	WSDI (# días)

Tabla 1. Índices del programa R-Climdex utilizados en el análisis.

El programa R-Climdex calcula de forma interactiva estos índices. Primero, se organizan los datos en el formato que admite (Es decir, archivos de texto

con los valores de precipitación y temperaturas máxima y mínima organizados en columnas, y éstas definidas en el siguiente orden: Año, Mes, Día, Prec, TMax, TMin). Luego, se ejecuta el programa, y se corren los primeros controles de calidad de los datos. En este paso se debe indicar el archivo con los datos creado en el paso anterior y colocar algunos parámetros de forma manual (código de la estación, desviaciones estándar a considerar, etc.). Enseguida se corren los controles de calidad extra que trae el programa. Finalmente, se calculan los índices ingresando los percentiles 33 y 66 de las temperaturas y el valor extremo de la precipitación determinado con un diagrama de BoxPlot.

Dado que para el estudio se requiere el análisis de 4 escenarios con 1423 estaciones para cada uno de ellos, la utilización del R-Climdex en la forma interactiva resultaría muy demorada y además se incrementa la probabilidad de cálculos incorrectos debido a errores de digitación. Con el fin de optimizar la obtención de los resultados y reducir al máximo los errores, se realizó una modificación al paquete estadístico para que procese datos en lote, reduciendo la ejecución del programa a un solo paso, el cual es la apertura de un archivo que contiene la lista de estaciones a trabajar, la ruta de los datos de éstas y los percentiles y extremos de precipitación asociados a cada una de ellas.

El nivel de significancia de cualquier tipo de datos en un análisis estadístico se define como el nivel de confianza que se puede tener con ellos. Para el caso de estudio, los índices obtenidos con R-Climdex generan un valor llamado *p value*, el cual es el nivel de confianza de estos índices. Para que los datos puedan ser considerados como representativos, se debe tener un nivel de confianza de al menos el 80%, es decir, en 80 de 100 casos los datos representan de forma adecuada el evento que se está analizando. Este *p value* indica el porcentaje de error que tienen estos índices. Por ejemplo, un *p value* de 0.05 indica que los datos tienen una confianza del 95%,

mientras que uno de 0.7 apenas tienen un nivel de confianza del 30%. En el análisis de los 19 índices se tomaron como significativos aquellos índices con un *p value* menor o igual a 0.2.

RESULTADOS

Para los índices relacionados con la precipitación, se encuentra que el ensamble de los escenarios muestran disminución de los días de precipitaciones moderadas y fuertes para el centro de los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Caldas, Meta, Tolima, Casanare y Putumayo, mientras que los departamentos de Amazonas, Bolívar, Chocó, Quindío, Risaralda, Santander, Sucre y Vichada presentan tendencias al aumento. En los demás departamentos tiende a mantenerse el mismo comportamiento (Tabla 2) (Anexos 2a, 2b y 2c). Además los escenarios muestran que las aguaceros fuertes tenderán a aumentar en el periodo 2011-2040 (Anexos 2d y 2e), y presentándose disminuciones de esta tendencia en algunas zonas del sur de Antioquia, norte de Cundinamarca y los Santanderes especialmente.

Por otra parte, se observa que para en el sur y centro de la cordillera occidental y en gran parte de la región andina hay una tendencia al aumento de días secos consecutivos en un año (Anexo 2f), mientras que hacia el norte de Colombia la tendencia es a que se presenten más días húmedos consecutivos (Anexo 2g).

Finalmente, las precipitaciones para el periodo 2011-2040, según los escenarios, tenderán a disminuir en Boyacá, oriente de Cundinamarca, norte del Valle del Cauca y Putumayo, sur de Antioquia, valle del Alto Magdalena y en el occidente de Norte de Santander (Anexos 2h y 2i).

En cuanto a la temperatura, se observa en general que las temperaturas mínimas extremas van a presentarse cada vez menos, es decir, la

temperatura mínima en las noches va a ser mayor a las actuales (Tabla 3) (Anexos 2j a 2n). Para las jornadas diurnas se presenta el mismo caso en todas las estaciones evaluadas: disminución de los días fríos, aumento de los días cálidos y tendencia al aumento de la temperatura a lo largo del periodo (Anexos 2o a 2s).

Departamento\ Índice	R10mm	R20mm	Rnnmm	CDD	CWD	PRCPTOT	R95P	R99P	SDII	CSDI
Amazonas	0,494	0,117	0,109	0,000	0,158	4,794	4,490	1,740	0,017	-0,326
Antioquia	0,135	0,043	0,053	-0,014	0,167	4,560	4,762	3,713	0,015	-0,185
Arauca	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	-0,605
Atlántico	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	-0,911
Bogotá D.C.	-0,088	0,004	0,002	0,029	0,079	4,619	8,282	7,334	0,031	-0,189
Bolívar	0,397	0,176	0,123	-0,085	0,082	8,541	4,189	2,643	0,021	-0,540
Boyacá	-0,071	-0,061	-0,061	0,013	0,011	-1,693	0,120	2,506	0,001	-0,159
Caldas	-0,089	-0,008	0,046	0,029	-0,019	4,193	8,955	7,664	0,025	-0,163
Caquetá	0,233	0,167	0,060	-0,019	0,064	7,447	4,607	3,078	0,022	-0,215
Casanare	-0,022	0,045	-0,015	-0,038	0,183	0,404	0,793	-0,963	-0,009	-0,342
Cauca	0,175	0,064	0,085	0,038	0,110	2,723	2,265	0,978	0,013	-0,214
Cesar	0,130	0,154	0,053	-0,066	0,105	6,796	4,214	3,470	0,016	-0,334
Chocó	0,266	0,117	0,101	0,006	0,135	6,515	4,552	2,366	0,018	-0,261
Córdoba	0,281	0,054	0,061	-0,122	-0,083	3,919	1,528	0,220	0,012	-0,578
Cundinamarca	-0,064	-0,054	-0,047	0,016	0,021	1,003	4,849	4,826	0,013	-0,162
Guainía	0,437	0,079	0,126	0,021	-0,006	3,226	3,550	1,379	0,009	-0,550
Guaviare	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	-0,268
Huila	0,214	0,078	0,083	0,005	0,033	7,022	5,122	2,888	0,021	-0,173
La Guajira	0,094	0,092	0,037	-0,137	-0,068	3,714	1,909	-0,263	0,006	-0,643
Magdalena	0,233	0,073	0,113	-0,069	0,240	5,481	3,115	0,996	0,016	-0,469
Meta	-0,132	-0,048	0,031	0,004	0,121	0,658	5,290	2,281	0,003	-0,291
Nariño	0,167	0,094	0,062	0,028	0,127	3,989	3,098	1,723	0,016	-0,195
Norte de Santander	0,148	0,081	0,048	0,014	0,122	4,513	2,206	0,772	0,015	-0,294
Putumayo	-0,269	-0,057	-0,008	0,032	-0,053	-3,724	-0,552	2,143	-0,007	-0,123
Quindío	0,196	0,128	0,120	0,089	-0,224	3,857	4,267	1,289	0,019	-0,163
Risaralda	0,133	0,173	0,182	0,077	0,149	8,861	9,710	5,213	0,034	-0,148
San Andres y Providencia	0,241	0,042	0,028	-0,005	0,180	6,298	1,949	3,450	0,015	-1,887
Santander	0,250	0,233	0,162	-0,033	0,183	19,719	14,864	6,127	0,057	-0,234
Sucre	0,397	0,176	0,123	-0,085	0,082	8,541	4,189	2,643	0,021	-0,529
Tolima	-0,047	-0,025	0,039	0,018	-0,031	2,649	5,684	4,592	0,018	-0,228
Valle del Cauca	-0,021	0,064	0,056	0,027	0,078	2,098	4,057	3,048	0,011	-0,159
Vaupés	0,456	0,087	0,123	-0,008	0,134	4,176	4,219	0,662	0,011	-0,384
Vichada	0,437	0,145	0,116	0,005	0,407	6,427	6,176	3,168	0,017	-0,509

Tabla 2. Índices para el comportamiento de la precipitación por departamentos.

Departamento \ Índice	TX10P	TX90P	TN10P	TN90P	TXX	TXN	TNX	TNN	WSDI
Amazonas	-0,294	0,433	-0,610	0,748	0,086	0,048	0,060	0,048	0,216
Antioquia	-0,175	0,335	-0,453	0,580	0,048	0,024	0,033	0,040	0,245
Arauca	-0,299	0,496	-0,687	0,732	0,046	0,034	0,040	0,055	0,359
Atlántico	-0,266	0,296	-0,628	0,600	0,018	0,025	0,034	0,038	0,687
Bogotá D.C.	-0,195	0,319	-0,330	0,520	0,050	0,036	0,033	0,041	0,223
Bolívar	-0,184	0,190	-0,588	0,532	0,028	0,019	0,033	0,039	0,089
Boyacá	-0,235	0,433	-0,268	0,544	0,048	0,043	0,030	0,043	0,216
Caldas	-0,146	0,369	-0,397	0,637	0,079	0,021	0,034	0,032	0,361
Caquetá	-0,292	0,438	-0,566	0,708	0,084	0,047	0,044	0,054	0,173
Casanare	-0,271	0,510	-0,608	0,678	0,053	0,049	0,043	0,047	0,345
Cauca	-0,167	0,351	-0,454	0,596	0,053	0,023	0,034	0,036	0,310
Cesar	-0,137	0,277	-0,495	0,556	0,050	0,014	0,044	0,031	0,255
Chocó	-0,237	0,258	-0,509	0,595	0,052	0,018	0,029	0,032	0,078
Córdoba	-0,255	0,226	-0,637	0,536	0,031	0,018	0,030	0,033	0,155
Cundinamarca	-0,206	0,410	-0,305	0,593	0,055	0,037	0,032	0,042	0,258
Guainía	-0,349	0,527	-0,714	0,796	0,090	0,052	0,060	0,040	0,366
Guaviare	-0,300	0,463	-0,584	0,752	0,059	0,043	0,052	0,033	0,285
Huila	-0,220	0,402	-0,407	0,676	0,046	0,034	0,031	0,045	0,273
La Guajira	-0,213	0,352	-0,553	0,708	0,036	0,025	0,034	0,040	0,439
Magdalena	-0,207	0,258	-0,518	0,575	0,025	0,020	0,034	0,036	0,337
Meta	-0,266	0,475	-0,550	0,686	0,058	0,034	0,039	0,042	0,328
Nariño	-0,201	0,360	-0,458	0,603	0,043	0,027	0,033	0,035	0,268
Norte de Santander	-0,177	0,305	-0,429	0,610	0,059	0,015	0,037	0,032	0,321
Putumayo	-0,309	0,389	-0,366	0,721	0,058	0,042	0,034	0,042	0,151
Quindío	-0,150	0,394	-0,444	0,648	0,066	0,015	0,038	0,033	0,414
Risaralda	-0,126	0,255	-0,420	0,588	0,060	0,022	0,031	0,044	0,275
San Andrés y Providencia	-0,677	0,839	-0,675	0,839	0,021	0,022	0,021	0,022	2,186
Santander	-0,158	0,325	-0,400	0,577	0,059	0,026	0,034	0,033	0,285
Sucre	-0,201	0,179	-0,596	0,502	0,024	0,019	0,024	0,038	0,012
Tolima	-0,174	0,369	-0,457	0,647	0,055	0,021	0,035	0,043	0,322
Valle del Cauca	-0,146	0,293	-0,439	0,620	0,058	0,021	0,030	0,038	0,283
Vaupés	-0,317	0,462	-0,673	0,801	0,104	0,050	0,056	0,038	0,170
Vichada	-0,313	0,490	-0,684	0,743	0,053	0,042	0,048	0,050	0,362

Tabla 3. Índices para el comportamiento de la temperatura por departamentos.

CONCLUSIONES

Las corridas del modelo PRECIS para los cuatro escenarios analizados muestran que las precipitaciones tienden a disminuir en la mayoría del país, presentándose tendencias negativas bajas en algunos departamentos del centro y suroccidente del territorio; mientras que la temperatura tenderá a aumentar en toda Colombia. Sin embargo, se observa que, para la precipitación, el nivel de significancia de estos índices no es muy alto en la mayoría de las estaciones analizadas, razón por la cual no se puede tener total certeza de que se cumplan las tendencias en el comportamiento de la precipitación generada por el modelo en los cuatro escenarios. Lo contrario ocurre con la temperatura, en donde en más del 85% de las estaciones se tienen niveles de significancia altos para los índices calculados. Se observa además que las temperaturas mínimas que se presentan actualmente van a ser mayores hacia el 2040, y también se observa que las temperaturas máximas se incrementarán para este periodo.

Finalmente, este análisis sirve como base para futuros estudios que se realicen con más datos de otros modelos y/o otras fuentes confiables de información. Se deben realizar más estudios, simulaciones y análisis de más modelos e índices para poder tener una base más sólida de decisión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC),
Resumen para responsables de políticas: Escenarios de emisiones+, 2007.
<http://www.grida.no/climate/ipcc/spmpdf/sres-s.pdf>

Karl, T.R., N. Nicholls, and A. Ghazi, 1999: CLIVAR/GCOS/WMO workshop on indices and indicators for climate extremes+. Workshop summary. *Climatic Change*, 42. 1999. Págs 3-7.

Mayorga, R., G. Hurtado y H. Benavides, "Evidencias de cambio climático en Colombia con base en información estadística". Nota Técnica IDEAM, IDEAM-METEO/001-2011, Bogotá D.C., Colombia. 2011.

Peterson, T.C., and Coauthors: "Report on the Activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs 1998-2001". WMO, Rep. WCDMP-47, WMO-TD 1071, Geneva, Switzerland, 143pp.

Peterson, T.C., "Climate Change Indices". WMO Bulletin, 54 (2). 2005. Págs: 83-86.

Rodríguez, A., "Evaluación de los modelos globales del clima utilizados para la generación de escenarios de cambio climático con el clima presente en Colombia". Nota Técnica IDEAM, IDEAM-METEO/009-2010, Bogotá D.C., Colombia. 2010. <http://institucional.ideam.gov.co/descargas?com=institucional&name=pubFile5448&downloadname=Evaluaci%F3n%20de%20Modelos%20Globales%20-%20IPCC.pdf>

Ruiz, J. F., "Cambio climático en temperatura, precipitación y humedad relativa para Colombia usando modelos meteorológicos de alta resolución (Panorama 2011-2100)". Nota Técnica IDEAM . METEO/005-2010. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Bogotá D.C., Colombia. 2010. http://www.cambioclimatico.gov.co/documentos/ESCENARIOS_CAMBIO_CLIMATICO.pdf

Anexo 1. Variables producidas por el modelo PRECIS y seleccionadas para los estudios de Cambio Climático.

Código	Descripción	Unidades	Niveles	DatosHorarios	DatosDiarios	Datos Mensuales, Trimestrales y Anuales
00001	SURFACE PRESSURE	Pa	1	X	X	X
00002	WIND U-COMPONENT (=U) (WIND GRID)	ms ⁻¹	19			X
00003	WIND V-COMPONENT (=V) (WIND GRID)	ms ⁻¹	19			X
00024	SURFACE TEMPERATURE	K	1	X	X	X
00025	BOUNDARY LAYER (=BL) DEPTH	m	1	X	X	X
00058	SULPHUR DIOXIDE EMISSIONS	kg m ⁻² s ⁻¹	1			X
00102	DIMETHYL SULPHIDE MIX RAT	kg kg ⁻¹	19			X
00103	SO ₄ AITKEN MODE AEROSOL	kg kg ⁻¹	19			X
00104	SO ₄ ACCUM. MODE AEROSOL	kg kg ⁻¹	19			X
00105	SO ₄ DISSOLVED AEROSOL	kg kg ⁻¹	19			X
00121	NATURAL SO ₂ EMISSIONS	kg m ⁻² s ⁻¹	19			X
00125	OZONE FOR SULPHUR CYCLE	kg kg ⁻¹	19			X
00126	HIGH LEVEL SO ₂ EMISSIONS	kg m ⁻² s ⁻¹	1			X
01201	NET DOWN SURFACE SW FLUX	Wm ⁻²	1	X	X	X
01203	NET DOWN SW RAD FLUX: OPEN SEA	Wm ⁻²	1			X
01235	TOTAL DOWNWARD SURFACE SW FLUX	Wm ⁻²	1			X
02201	NET DOWN SURFACE LW FLUX	Wm ⁻²	1	X	X	X
02203	NET DOWN LW FLUX: OPEN SEA	Wm ⁻²	1			X
02206	CLEAR-SKY UPWARD LW FLUX AT TOA	Wm ⁻²	1			X
02207	TOTAL DOWNWARD SURFACE LW FLUX	Wm ⁻²	1			X
02278	OZONE CONCENTRATION	kg kg ⁻¹	19			X
03225	WIND U-COMPONENT AT 10 METRES (WIND GRID)	ms ⁻¹	1	X	X	X
03226	WIND V-COMPONENT AT 10 METRES (WIND GRID)	ms ⁻¹	1	X	X	X
03232	EVAPORATION FROM SEA	kg m ⁻² s ⁻¹	1			X
03234	SURFACE LATENT HEAT FLUX	Wm ⁻²	1	X	X	X
03236	TEMPERATURE AT 1.5 METRES	K	1	X	X	X
03245	RELATIVE HUMIDITY AT 1.5 METRES	%	1	X	X	X
03249	WIND SPEED AT 10 METRES (WIND GRID)	ms ⁻¹	1	X	X	X
03296	EVAPORATION FROM SOIL SURFACE	kg m ⁻² s ⁻¹	1	X	X	X
03297	EVAPORATION FROM CANOPY RATE	kg m ⁻² s ⁻¹	1	X	X	X
04203	LARGE SCALE RAINFALL RATE	kg m ⁻² s ⁻¹	1	X	X	X
05216	TOTAL PRECIPITATION RATE	kg m ⁻² s ⁻¹	1	X	X	X
08208	SOIL MOISTURE CONTENT IN ROOT ZONE	kg m ⁻²	1	X	X	X
08223	SOIL MOISTURE CONTENT IN A LAYER	kg m ⁻²	4		X	X
08225	DEEP SOIL TEMPERATURE	K	4		X	X
08234	SURFACE RUNOFF RATE	kg m ⁻² s ⁻¹	1	X	X	X
08235	SUB-SURFACE RUNOFF RATE	kg m ⁻² s ⁻¹	1	X	X	X
12201	WIND W-COMPONENT (=W) (WIND GRID)	ms ⁻¹	19			X
15201	WIND U-COMPONENT (=U) (WIND GRID)	ms ⁻¹	17		X	X
15202	WIND V-COMPONENT (=V) (WIND GRID)	ms ⁻¹	17		X	X

Anexo 2. Mapas de las tendencias de los índices calculados.

Anexo 2a. Índice R10mm



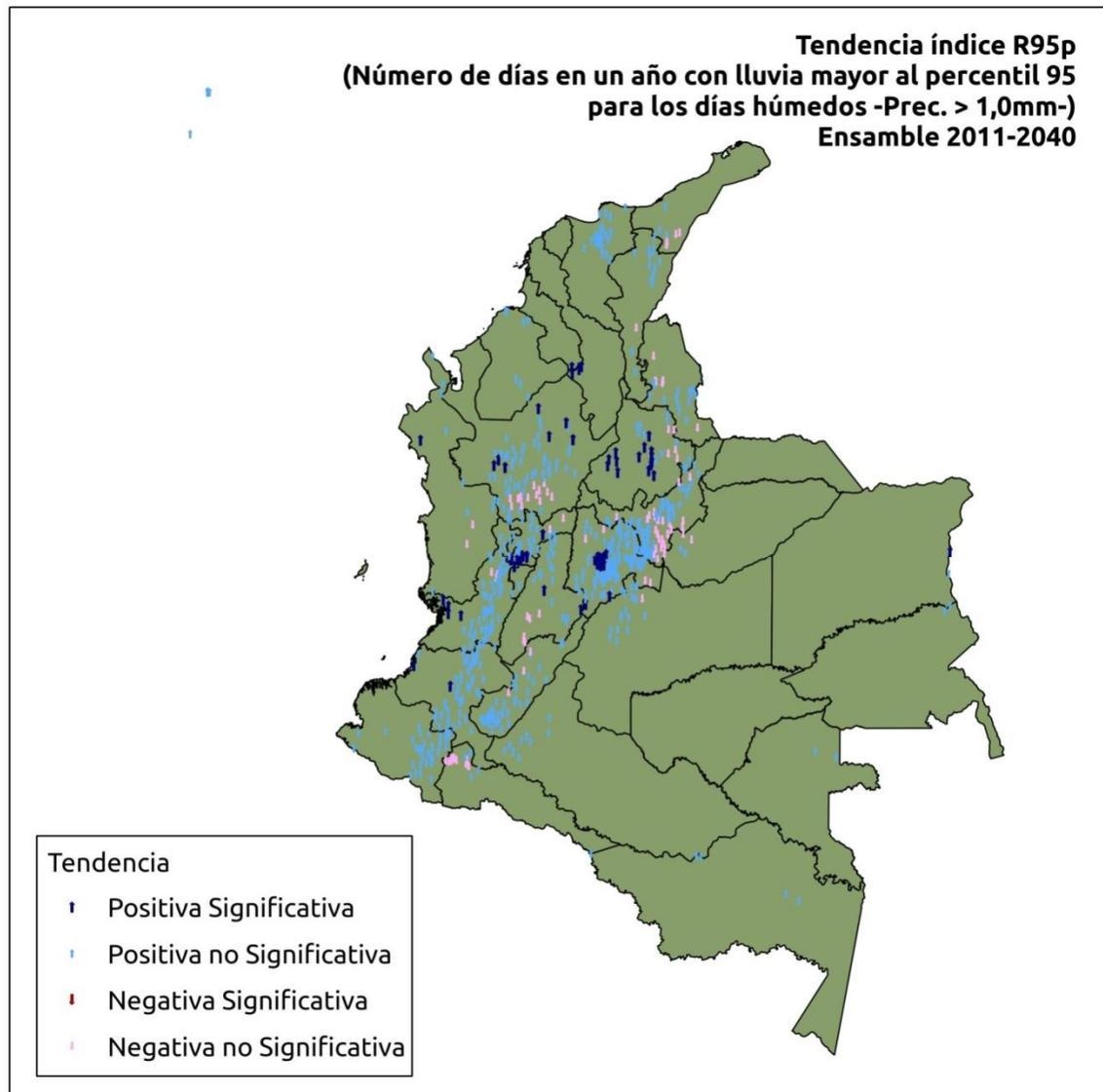
Anexo 2b. Índice R20mm



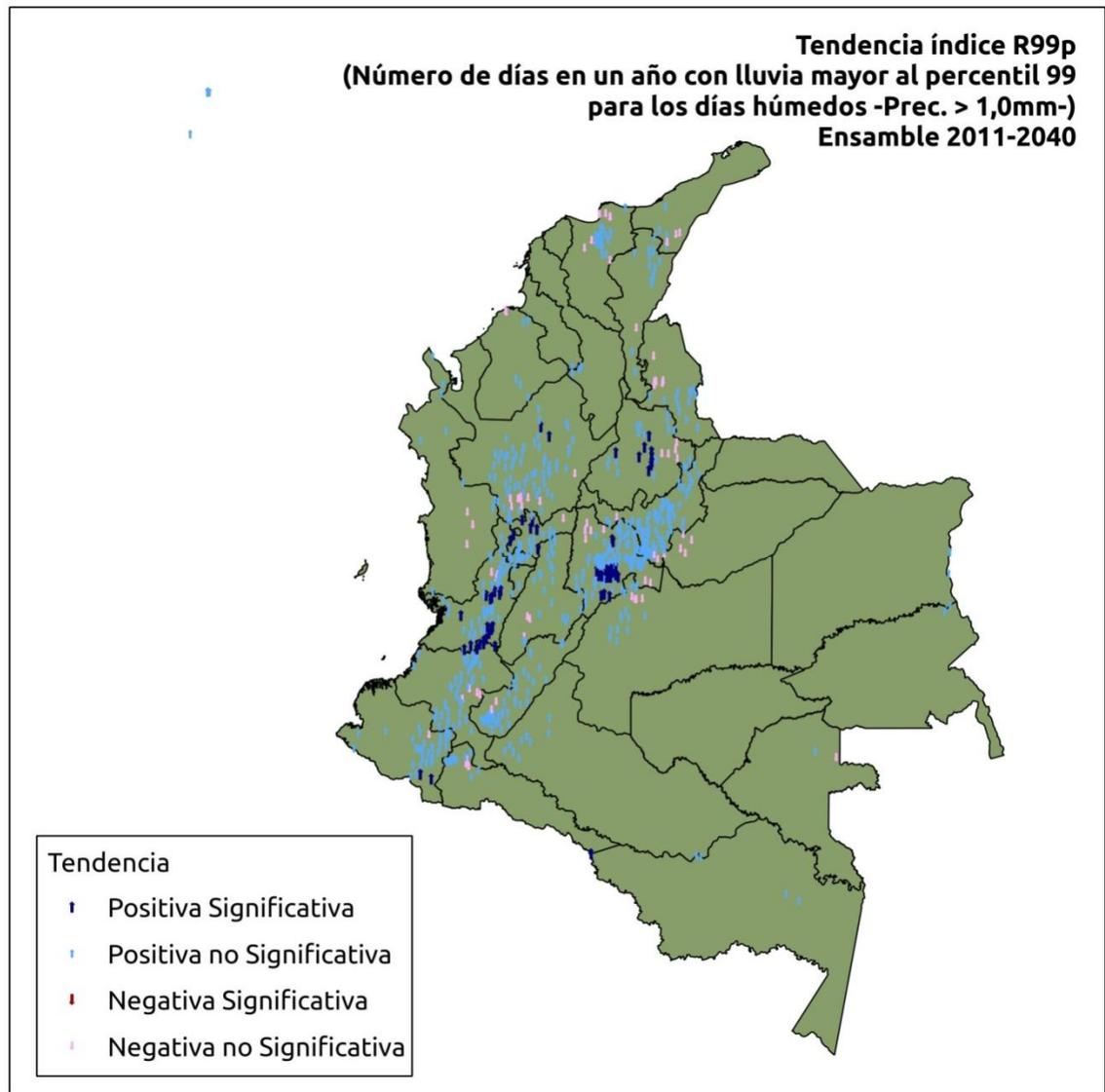
Anexo 2c. Índice Rnmm



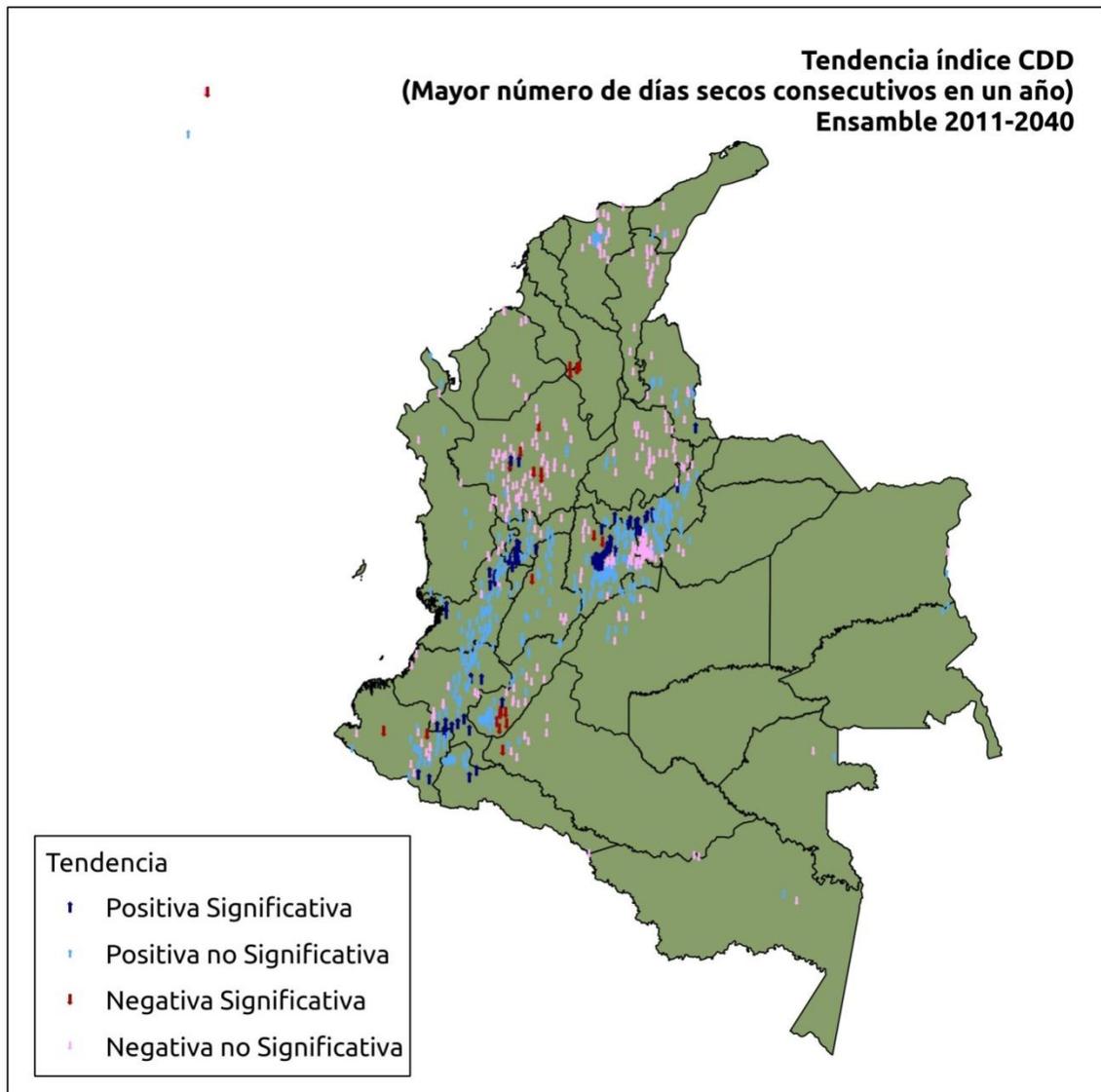
Anexo 2d. Índice R95p



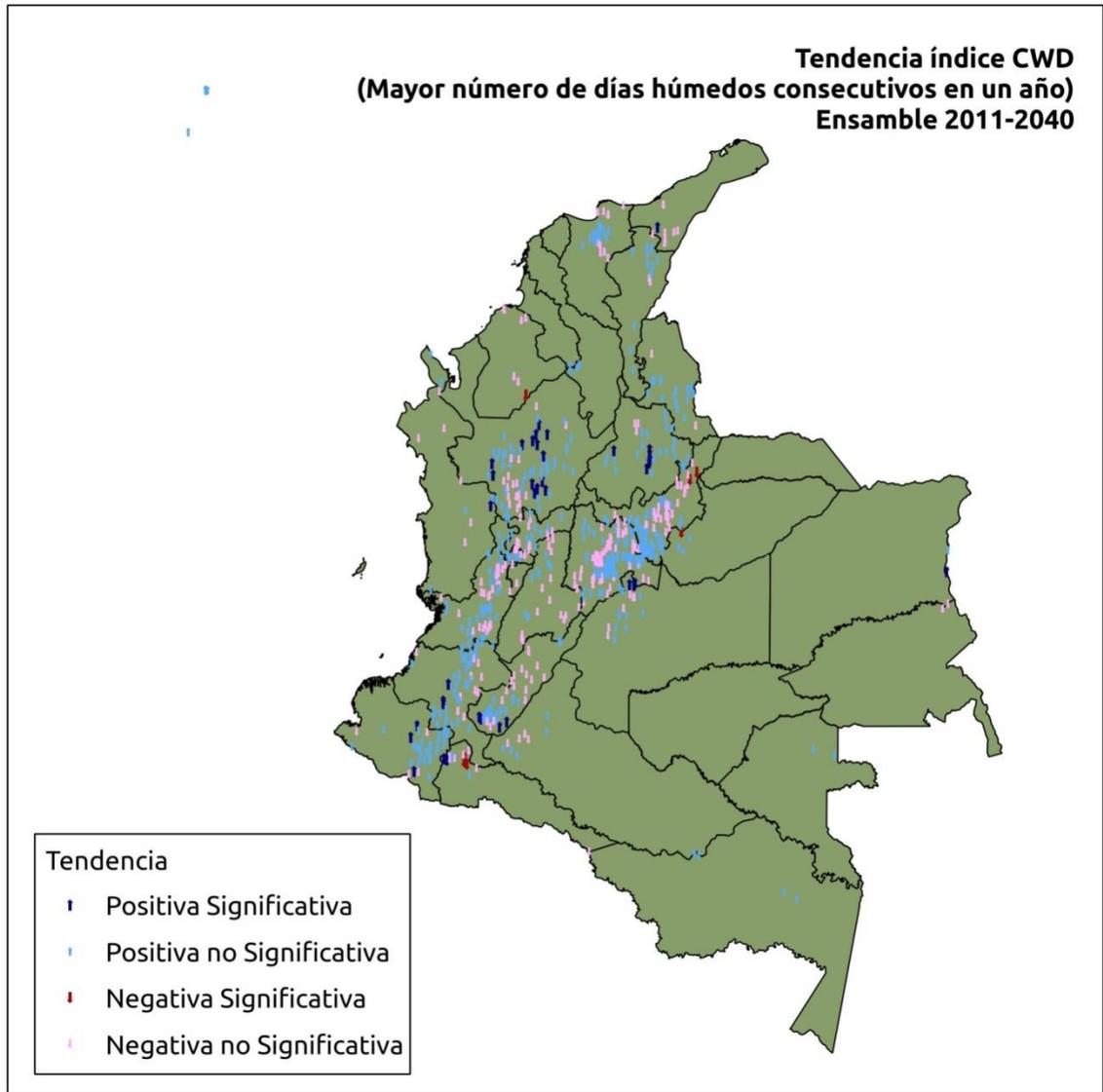
Anexo 2e. Índice R99p



Anexo 2f. Índice CDD



Anexo 2g. Índice CWD



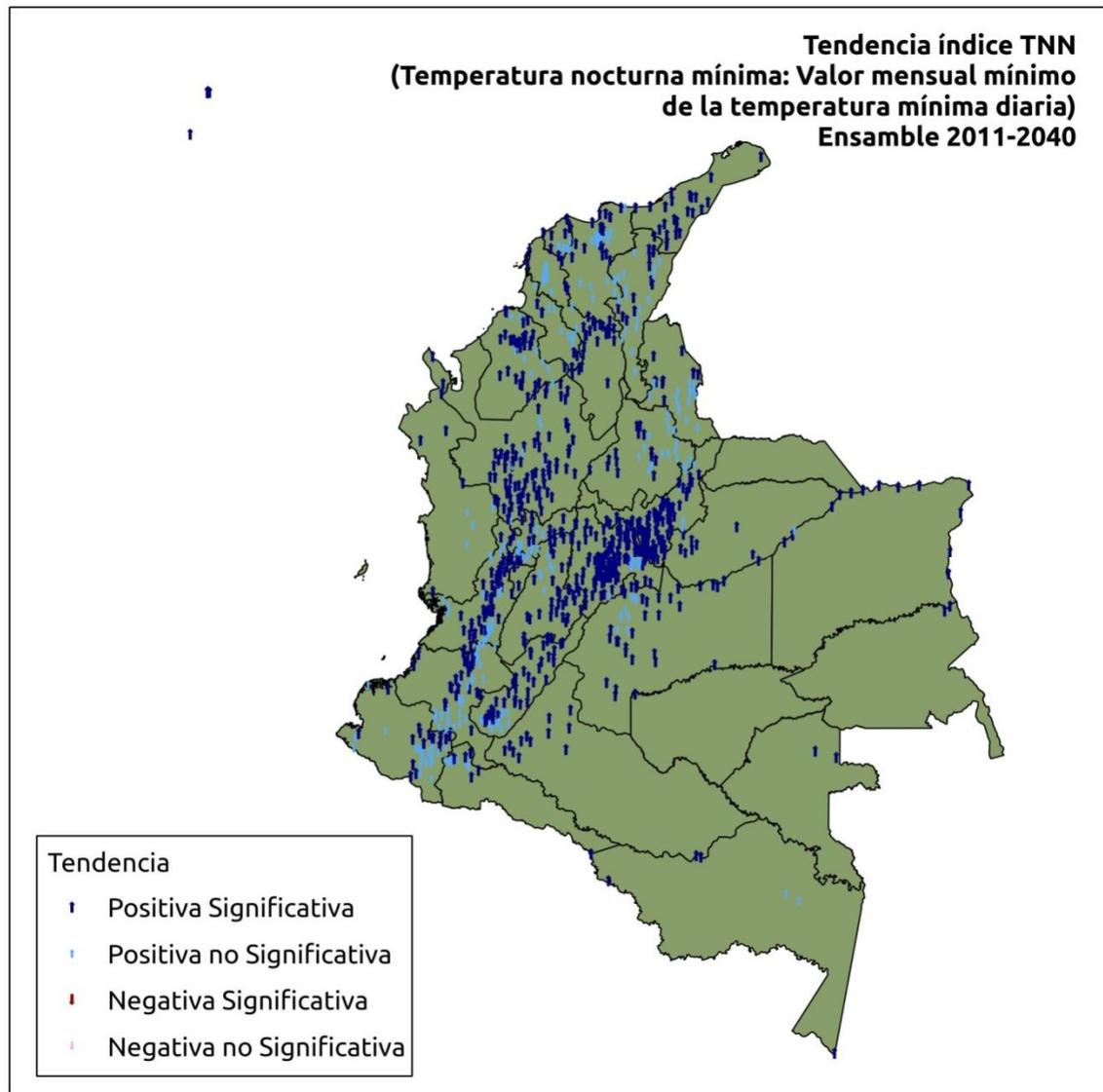
Anexo 2h. Índice PRCPTOT



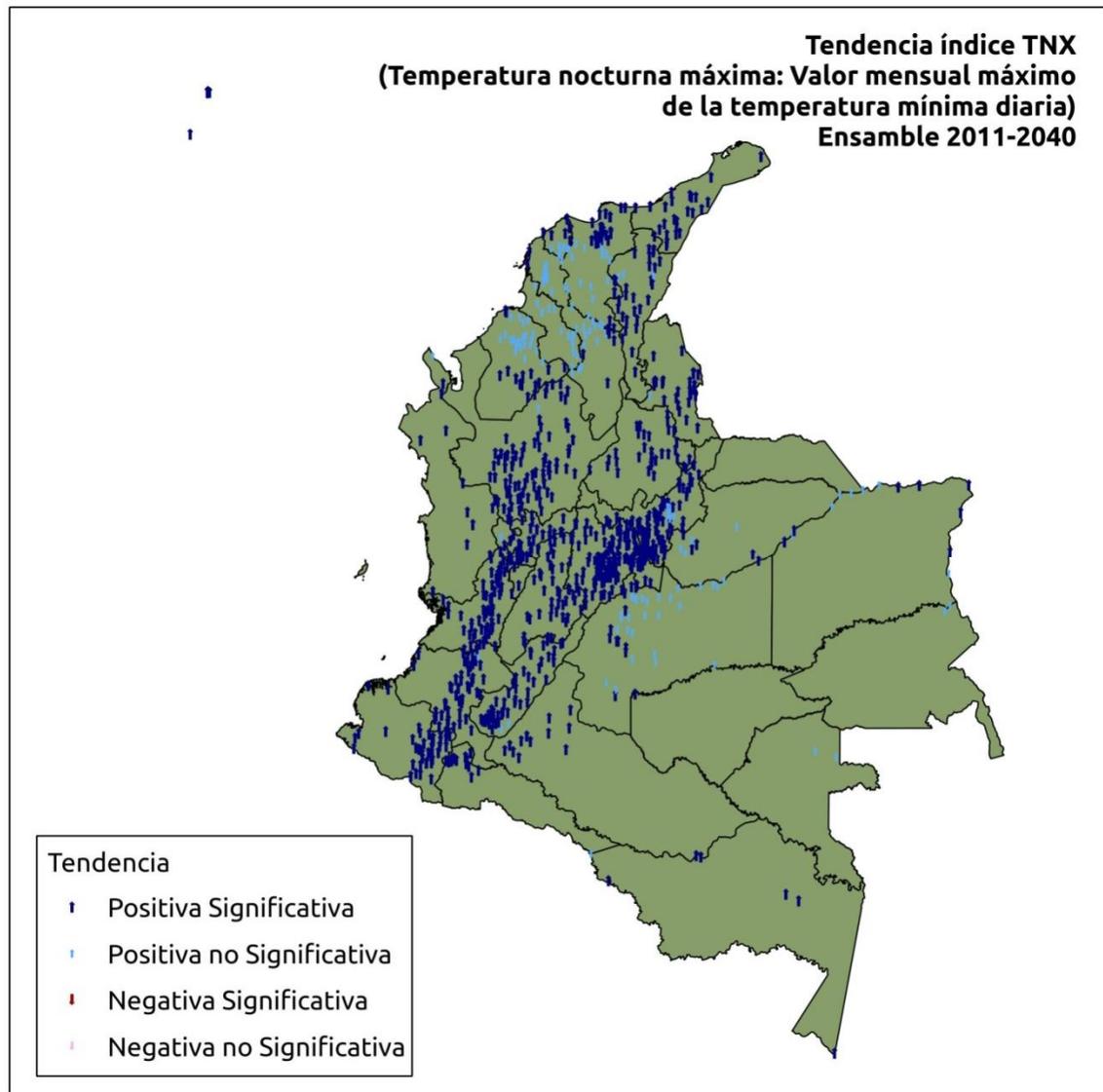
Anexo 2i. Índice SDII



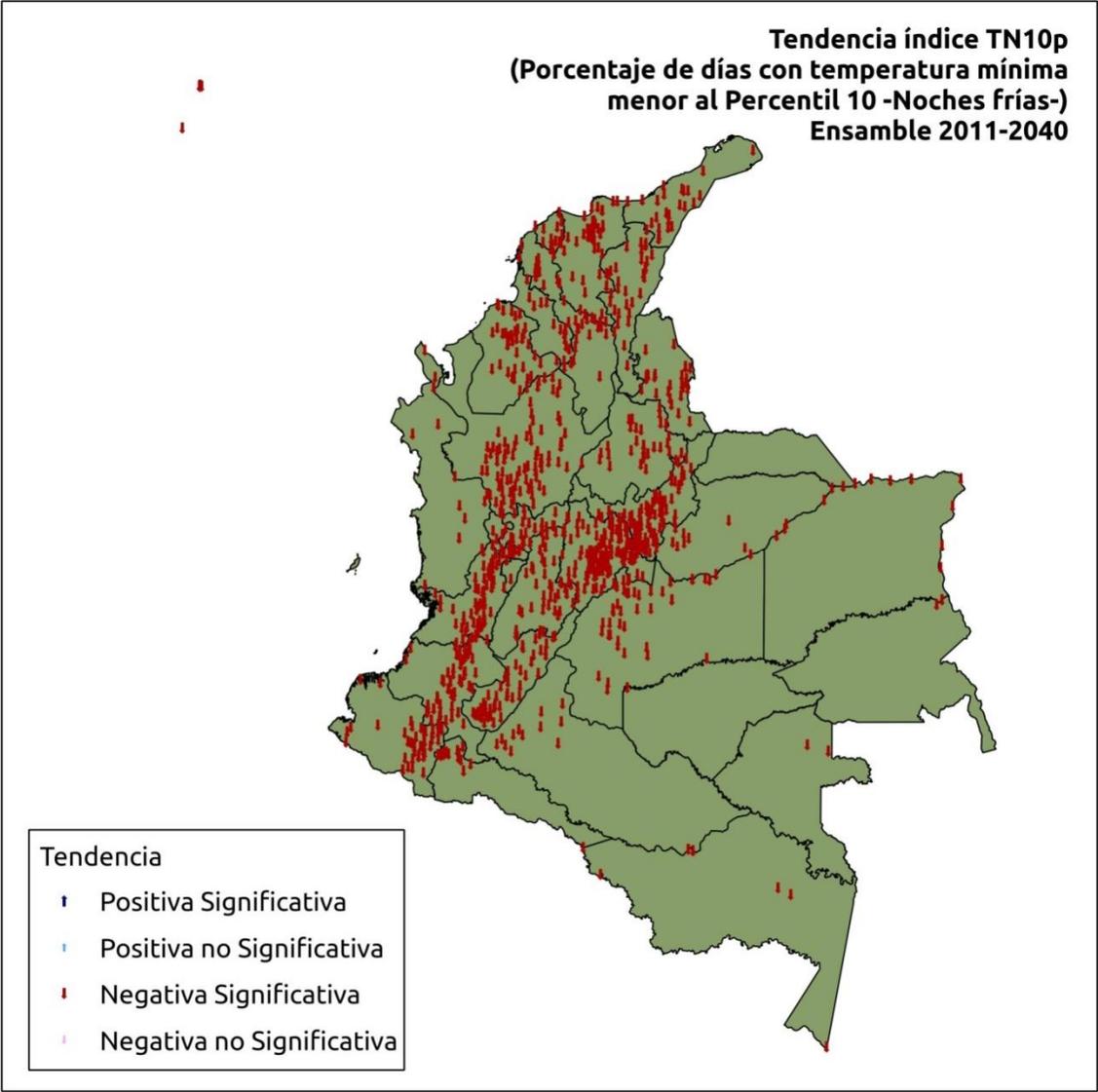
Anexo 2j. Índice TNN



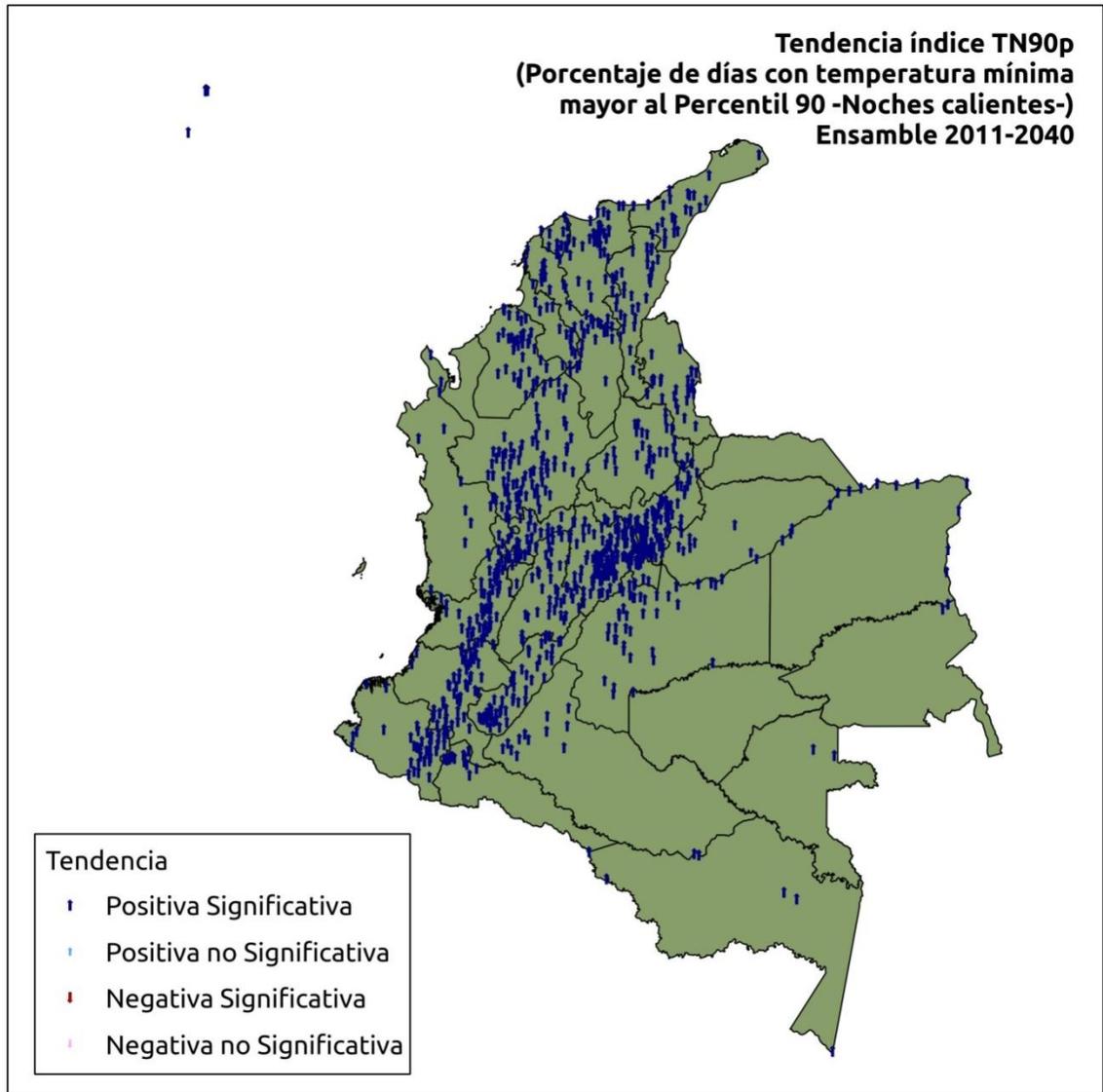
Anexo 2k. Índice TNX



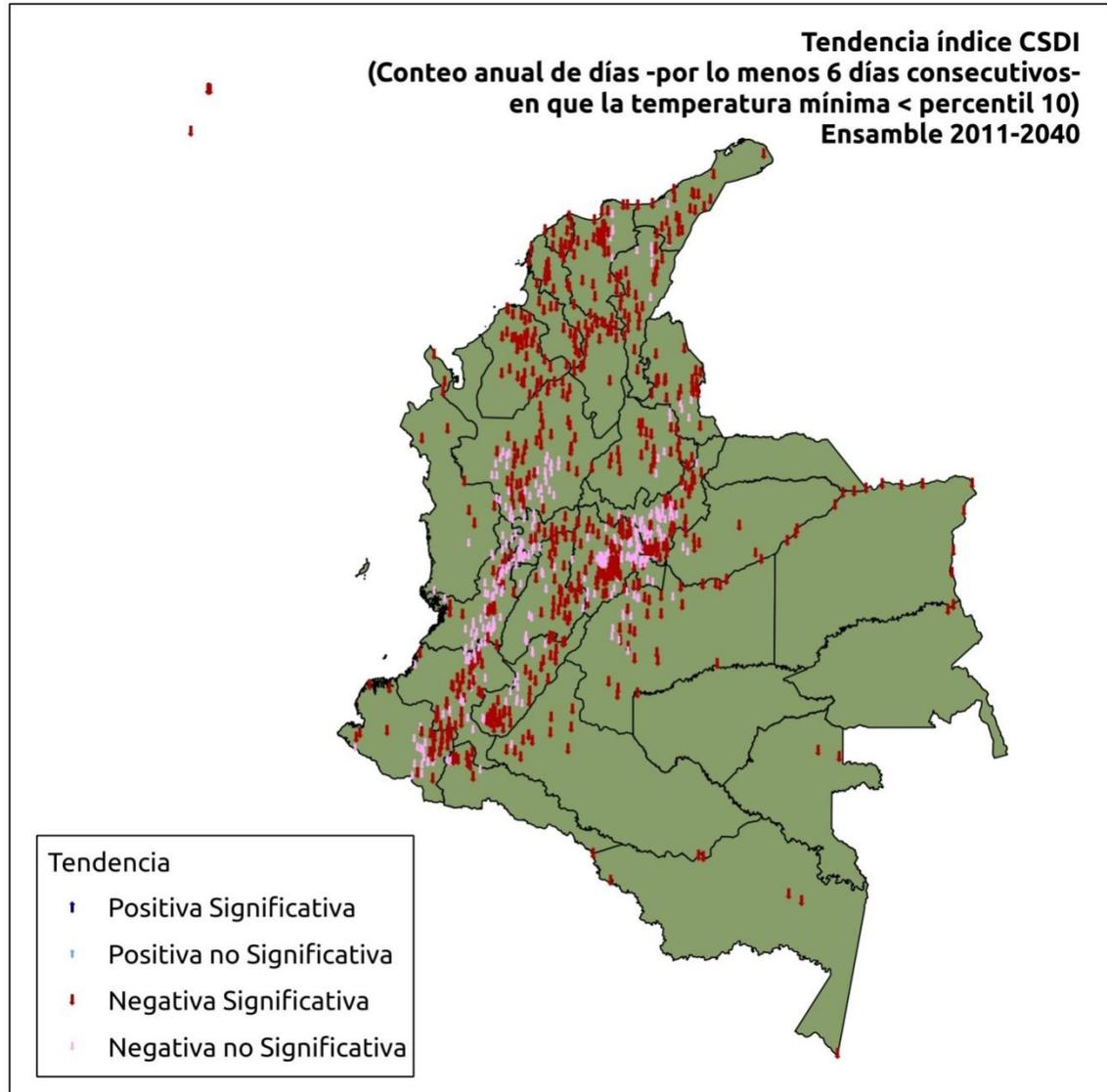
Anexo 2I. Índice TN10p



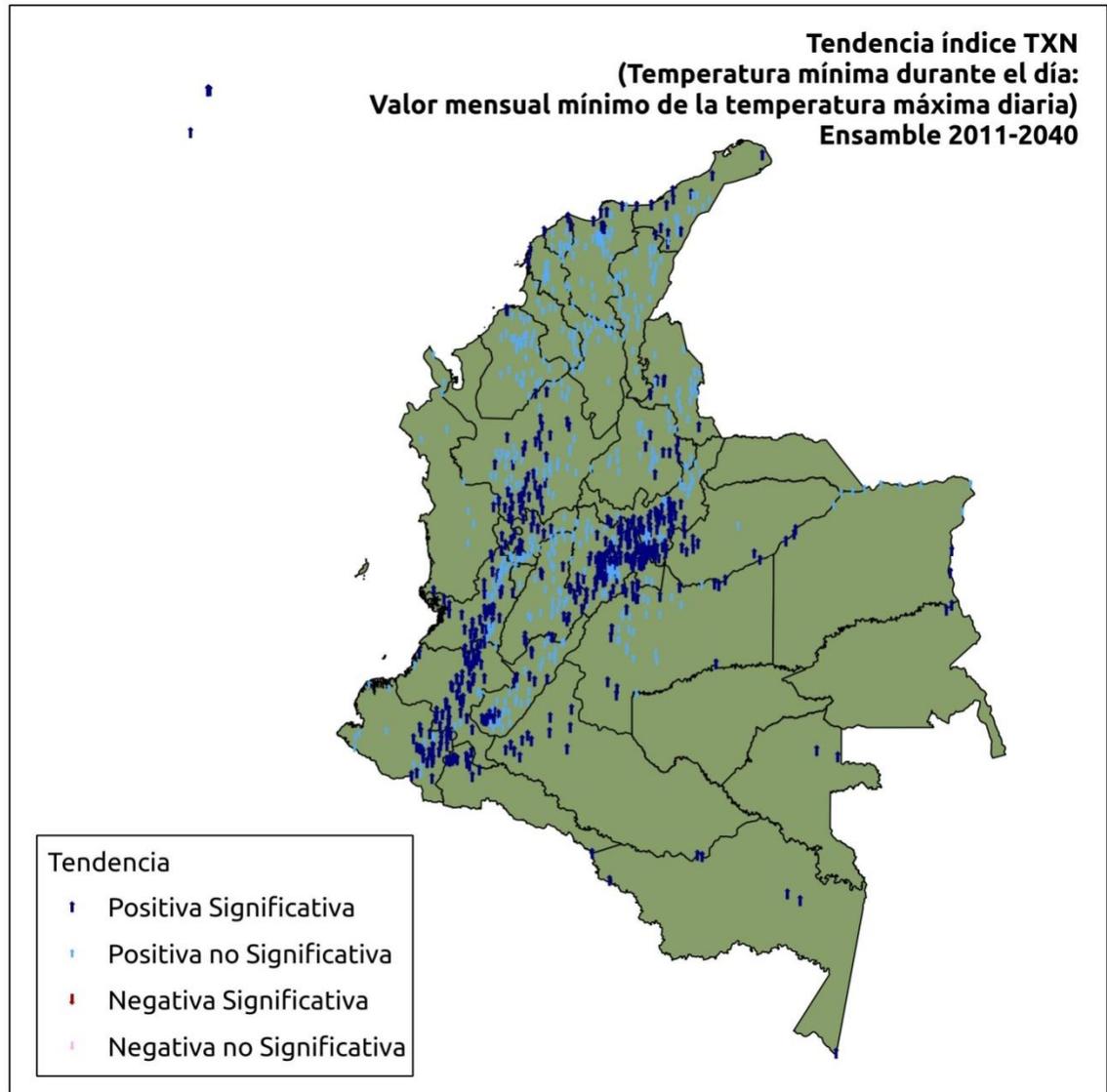
Anexo 2m. Índice TN90p



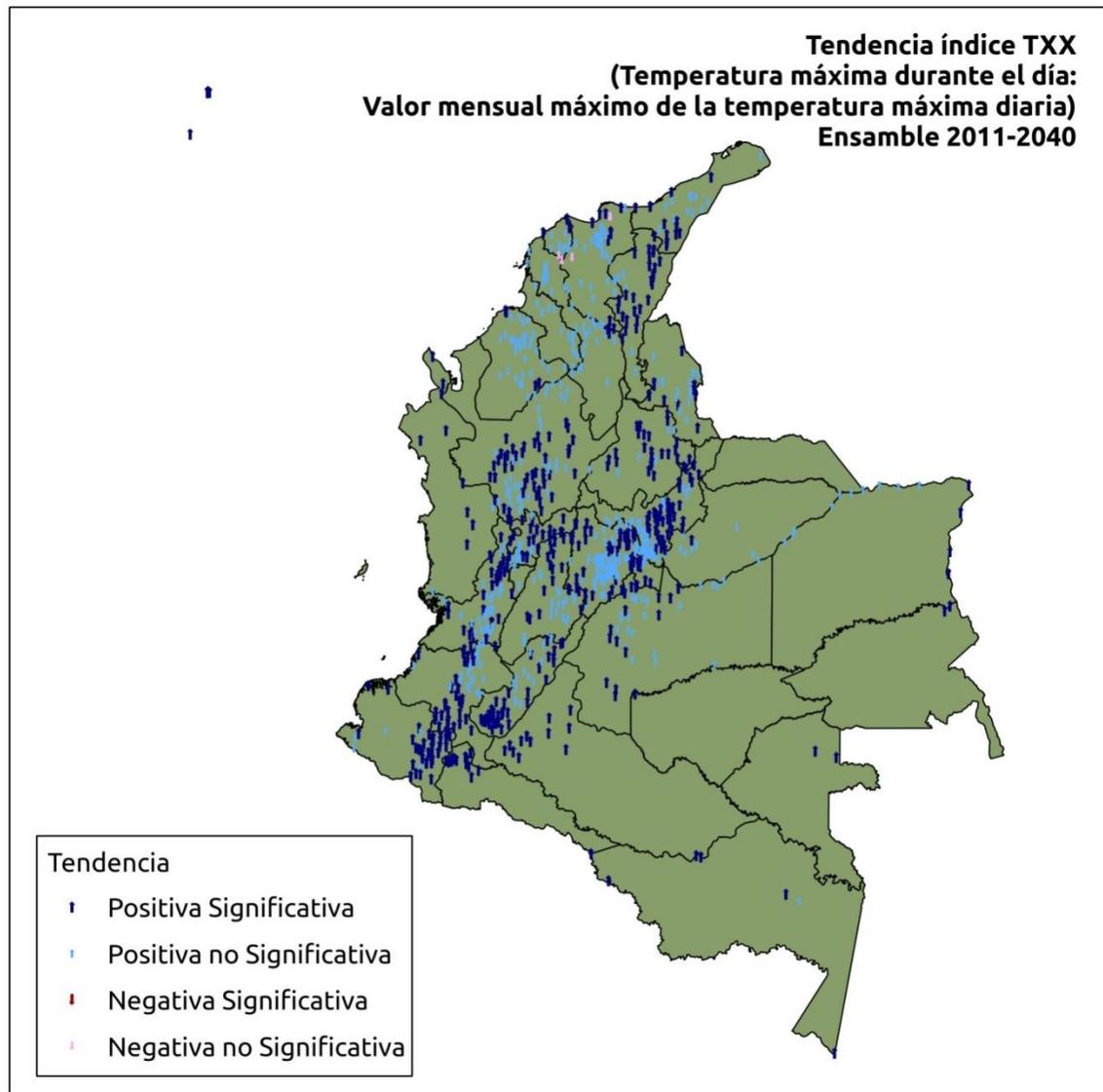
Anexo 2n. Índice CSDI



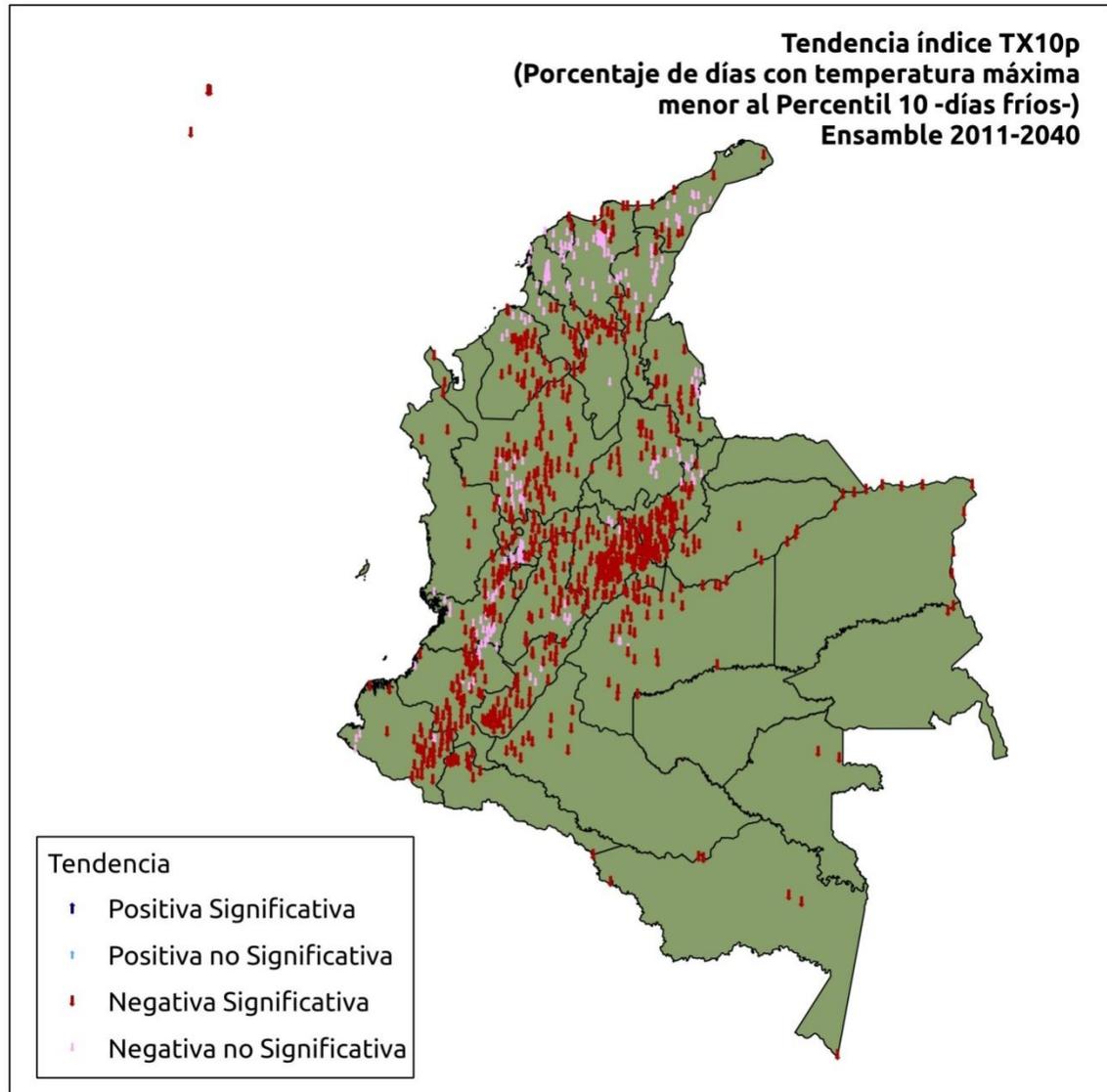
Anexo 2o. Índice TXN



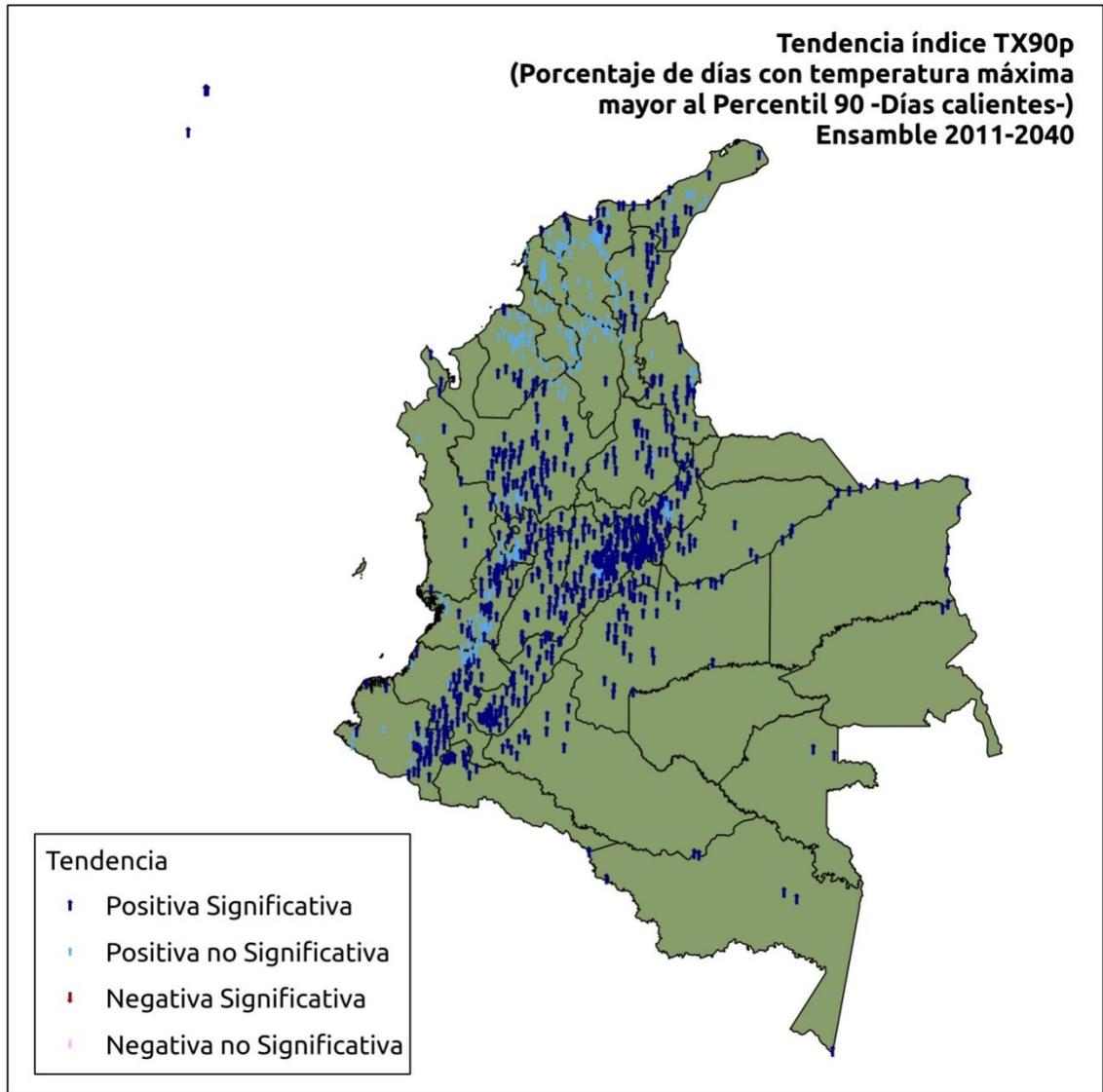
Anexo 2p. Índice TXX



Anexo 2q. Índice TX10p



Anexo 2r. Índice TX90p



Anexo 2s. Índice WSDI

