



Ministerio
del Ambiente



Programa
Mundial de
Alimentos



ADAPTATION FUND



MINISTERIO
DE AGRICULTURA
Y GANADERÍA



INAMHI
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA



CIIFEN

Convenio para la Implementación del Sistema de Apoyo a la Gestión del Riesgo Climático para la Seguridad Alimentaria de la Cuenca del Río Jubones

SERVICIO DE SEGUIMIENTO CLIMÁTICO

(Datos y Pronóstico)

**Actualizado
Abril 2018**

Contenido

Antecedentes.....	5
Introducción	6
1. Estructura del módulo de servicios climáticos	7
2. Aspectos metodológicos del componente de largo plazo	9
2.1. Metodología para la obtención de las tendencias de índices climáticos	9
2.1.1. Datos utilizados	9
2.1.2. Control de calidad de los datos	11
2.1.3. Homogeneización de datos	17
2.1.4. Cálculo de índices climáticos y sus tendencias.....	19
2.2. Metodología para la obtención de las proyecciones climáticas derivadas de modelos numéricos	25
2.2.1. Modelo REMO	25
2.2.2. Modelo TL959L60 MRI/JMA	25
2.2.3. Modelo combinado de modelos globales y regionales.....	26
2.2.3.1. Modelos Globales seleccionados para la combinación	26
3. Descripción de los componentes del módulo de servicios climáticos	30
3.1. Componente de Largo Plazo	30
3.1.1. Principales características del componente	30
3.1.2. Información que incluye este componente	31
3.1.2.1. Tendencias a mediano plazo de índices climáticos derivados de la información histórica disponible en el INAMHI	31
A. Breve descripción.....	31
B. Índices calculados para la cuenca	33
C. Análisis de los aspectos relevantes para la cuenca	37
D. Conclusiones sobre los índices climáticos respecto a cambio climático y seguridad alimentaria.....	38
E. Mecanismo de actualización de la información	39
3.1.2.2. Proyecciones climáticas derivadas de modelos numéricos.....	40
A. Breve descripción.....	40

B.	Imágenes de los modelos para la cuenca	40
C.	Análisis de los aspectos relevantes para la cuenca	47
D.	Conclusiones sobre los modelos climáticos respecto a cambio climático y seguridad alimentaria	48
E.	Mecanismo de actualización de la información	49
3.1.2.3.	Registro histórico de eventos extremos (temporal y espacial)	50
3.1.3.	Alertas que podrá generar este componente	50
3.2.	Componente de Predicción estacional	52
3.2.1.	Principales características del componente	52
3.2.2.	Información que incluye este componente.....	52
3.2.2.1.	Predicciones climáticas de precipitación y temperatura máxima derivada de modelos globales (ECMWF, CFS y ETA), hasta 12 meses.	52
A.	Breve descripción.....	52
B.	Figuras de los modelos climáticos que se incluyen en el visor	53
C.	Análisis de los aspectos relevantes para la cuenca.....	55
D.	Conclusiones con respecto a la seguridad alimentaria	55
E.	Mecanismo de actualización de la información	56
3.2.2.2.	Predicciones estacionales numéricas y estadísticas realizadas por el INAMHI. 56	
A.	Breve descripción.....	56
B.	Figuras de las predicciones estacionales	57
C.	Análisis de los aspectos relevantes para la cuenca.....	61
D.	Conclusiones con respecto a la seguridad alimentaria	61
E.	Mecanismo de actualización de la información	61
3.2.3.	Alertas que podrá generar este componente	62
3.3.	Monitoreo climático	64
3.3.1.	Principales características del componente	64
3.3.2.	Información que incluye este componente.....	64
3.3.2.1.	Boletines de monitoreo climático	65
A.	Breve descripción.....	65



B. Boletines que se incluyen para la cuenca	65
C. Conclusiones con respecto a la seguridad alimentaria.....	67
D. Mecanismo de actualización de la información	67
4. Conclusiones	68
5. Bibliografía	70

Antecedentes

El Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (CIIFEN) viene implementando el Sistema de Apoyo a la Gestión de Riesgo Climático para la seguridad alimentaria de la cuenca del río Jubones (SAGRC). Un elemento importante del SAGRC es un visor que incluye contenidos de seguimiento climático, donde los actores clave identificados en la cuenca puedan acceder, entre otros temas, a información climática que orienten sus decisiones.

En este contexto, el CIIFEN ha desarrollado análisis de tendencias climáticas, usando datos de estaciones meteorológicas del INAMHI ubicadas dentro o en la cercanía de la cuenca, y proyecciones de cambio de precipitación y temperatura obtenidas de los modelos climáticos.

Como parte del visor del SAGRC se encuentra la información de pronósticos climáticos a diferentes escalas y de distintas fuentes de datos, brindando información que cubre la escala de décadas y la escala estacional de meses.

Introducción

En la parte inicial del documento se describe el esquema y la estructura del visor donde los usuarios podrán consultar la información descrita en este reporte. El presente documento contiene también una descripción general de los productos de seguimiento climático que se presentarán en el visor. Se incluye la descripción de los productos desarrollados por el CIIFEN en relación a tendencias climáticas calculadas a partir de datos diarios de estaciones meteorológicas y proyecciones de cambio de precipitación y temperatura a futuro, obtenidas de modelos climáticos.

De igual manera se presenta también el resultado de la combinación de modelos de cambio climático tanto para precipitación como para temperatura con un análisis de lo que esto representa para la cuenca. Esta información es de carácter fijo y es útil para la planificación a mediano y largo plazo, debido a que abarca escalas de tiempo de años y décadas. Esta parte del análisis ha sido elaborado específicamente para el proyecto, por lo tanto se describe la metodología para su obtención.

Además, en este informe consta la descripción de otros elementos de seguimiento climático orientados a proveer información de pronósticos de diversas fuentes y diversas escalas. Se incluye información de centros globales de pronóstico, de centros regionales, los pronósticos del INAMHI a nivel nacional y el pronóstico elaborado por el INAMHI para estaciones seleccionadas a nivel nacional, algunas de las cuáles se encuentran dentro de la cuenca del río Jubones.

Siguiendo el principio establecido al inicio del desarrollo de actividades, toda la información de base y la información que se vaya a generar, debe ser oficial. En este sentido, los pronósticos que se coloquen en la plataforma serán aquellos emitidos únicamente por el INAMHI. La información adicional que se coloca, corresponde a centros globales de prestigio y, a pesar que el área de estudio no se visualiza a esta escala, la información que proporciona orienta de buena forma la toma de decisiones. En este contexto, los usuarios serán capacitados para interpretar este tipo de pronósticos.

1. Estructura del módulo de servicios climáticos

El módulo tendrá como objetivo integrar información climática y meteorológica con los sistemas de información de vulnerabilidad y riesgo en el contexto geográfico de la Cuenca del río Jubones (CRJ), tanto para apoyar la toma de decisiones y la activación de los mecanismos de respuesta establecidos en este sistema como para ayudar en la disseminación de las alertas y contribución en general con la coordinación y articulación de actores. El módulo de servicios climáticos está compuesto por los siguientes componentes (Figura 1):

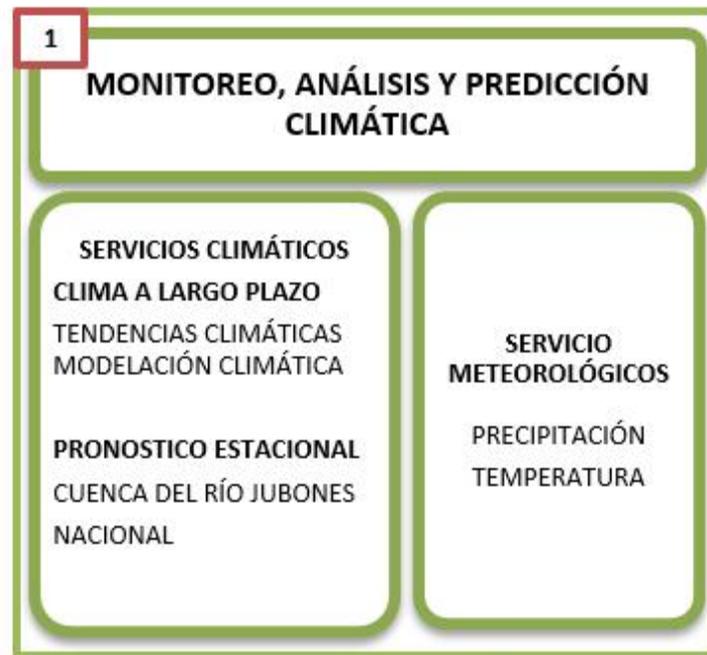


Figura 1.- Esquema del módulo de servicios climáticos con los componentes de monitoreo climático, monitoreo meteorológico, predicción de largo plazo y predicción estacional. Fuente: CIIFEN.

El módulo de servicios climáticos está constituido por componentes de monitoreo y de predicción. En la Tabla 1 se presenta una caracterización general de cada componente

Tabla 1.- Caracterización de los componentes del módulo de monitoreo climático

Componente	Finalidad	Información que integra	Aplicación al SAGRC
Monitoreo climático	<p>Brindar información sobre el monitoreo y análisis de las condiciones climáticas (meses) de precipitación y temperatura predominantes a nivel regional.</p> <p>(Actualización mensual)</p>	<p>Boletines de seguimiento del ENSO (El Niño/La Niña)</p> <p>Boletines de alertas climáticas emitidos por el INAMHI</p> <p>Monitoreo del índice estándar de precipitación para seguimiento de las sequías</p>	<p>Permite estimar los impactos probables del ENSO.</p> <p>Permite estimar las condiciones climáticas más probables en el trimestre.</p> <p>Permite estimar la persistencia de la sequía para establecer niveles de alerta y medidas</p>
Monitoreo meteorológico	<p>Brindar información sobre monitoreo meteorológico de precipitación y temperatura</p> <p>(Actualización diaria)</p>	<p>Monitoreo de las condiciones meteorológicas de precipitación y temperatura a nivel nacional</p>	<p>Permite estimar las condiciones meteorológicas de precipitación y temperatura para los próximos 3 días. No es aplicable al propósito del SAGRC, sin embargo se la incluye como información</p>
Largo plazo	<p>Presentar la estimación de tendencias del clima de las últimas décadas</p> <p>Presentar la proyección del clima de las próximas décadas</p> <p>(No se actualiza)</p>	<p>Cálculo de las tendencias de precipitación y temperatura desde 1964 al 2011</p> <p>Estimación del cambio de precipitación y temperatura para el período 2020-</p>	<p>Permite establecer medidas de largo plazo considerando las tendencias de cambio del clima de los últimos años.</p> <p>Permite establecer medidas de largo plazo considerando las proyecciones de cambio del clima de los próximos años</p>
Predicción estacional	<p>Presentar la predicción del clima que elabora el INAMHI para la cuenca para cada trimestre.</p> <p>(Actualización mensual)</p>	<p>Pronóstico de precipitación y temperatura para cada trimestre.</p> <p>El pronóstico se presenta con</p>	<p>Permite establecer las probabilidades de precipitación y temperatura para el trimestre en estaciones meteorológicas en la cuenca</p>

2. Aspectos metodológicos del componente de largo plazo

Tendencias del clima de las *últimas décadas* (40 años) y las proyecciones del clima a futuro en las *próximas décadas* (período 2020-2039). Las tendencias se calcularon con datos de estaciones meteorológicas y la aplicación de estadísticas. Las proyecciones se obtuvieron a partir de resultados de modelos de predicción del clima.

2.1. Metodología para la obtención de las tendencias de índices climáticos

A partir de los datos diarios de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación de las estaciones del INAMHI ubicadas en la cuenca del río Jubones (CRJ), se realizaron análisis de tendencias de índices climáticos luego de un proceso de control de calidad y homogeneización de los datos.

2.1.1. Datos utilizados

Los datos utilizados pertenecen a la red de observación del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). Las estaciones seleccionadas fueron aquellas que cuentan con datos que cumplen con las características para el tipo de análisis que se realizó. Las características (requisitos) requeridas fueron:

- Datos diarios de precipitación y temperatura (máxima y mínima)
- Porcentaje de datos faltantes no mayor al 20% del total de la serie
- Datos de al menos 30 años
- Datos de fuente oficial

Las razones que sustentan estos requisitos son que se necesitan datos diarios de las variables anotadas puesto que los índices climáticos que se calcularon, utilizan estas variables o la combinación de las mismas en algunos casos.

Para que la tendencia encontrada represente los eventos registrados en el pasado, el porcentaje máximo permitido se fijó en 20% puesto que no se realizaría ningún tipo de relleno de datos, ya que el análisis privilegia un dato registrado más que uno obtenido artificialmente por medio de algún método de relleno de series.

Con el objeto de establecer tendencias que representen cambios en el clima, se tiene como período estándar, no solo para análisis de tendencias sino también para establecer el clima predominante en una región determinada, utilizar por lo menos 30 años de datos. Así se evita que ciclos en el clima, que pueden ser de un par de décadas, interfieran en la señal de cambio que se está buscando y lleven a conclusiones erradas. Otra consideración importante es la utilización de datos de fuentes oficiales.

El registro de datos meteorológicos requiere de un proceso que va más allá de la lectura de los datos. Se necesita que las estaciones y el proceso de lectura de datos cumpla con los estándares establecidos por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) que, entre otras cosas, establece parámetros para la instalación de la estación, altura y ubicación de los instrumentos, períodos de calibración, horas de lectura de datos, formas de transmisión, formas de registro de datos, entre otras, que hace que los datos sean comparables entre estaciones que siguen este procedimiento.

Luego del proceso de selección se establecieron, de manera preliminar, las siguientes estaciones para el análisis de tendencias, algunas pese a no encontrarse dentro del área de la Cuenca del río Jubones (CRJ), representan el clima de la zona (Tabla 2).

Tabla 2.- Listado de estaciones seleccionadas con base en criterios de disponibilidad de variables, porcentaje de datos faltantes, extensión y oficialidad, que se sometieron a control de calidad, homogeneidad y análisis de tendencias de índices climáticos. Fuente de datos: INAMHI

Código	Nombre Estación	Latitud	longitud	Altitud (m)
M0033	LA ARGELIA-LOJA	-4,0363	-79,2011	2160
M0138	PAUTE	-2,8	-78,7627	2194
M0139	GUALACEO	-2,8819	-78,7763	2230
M0142	SARAGURO	-3,6119	-79,2338	2525
M0180	ZARUMA	-3,6988	-79,6113	1100

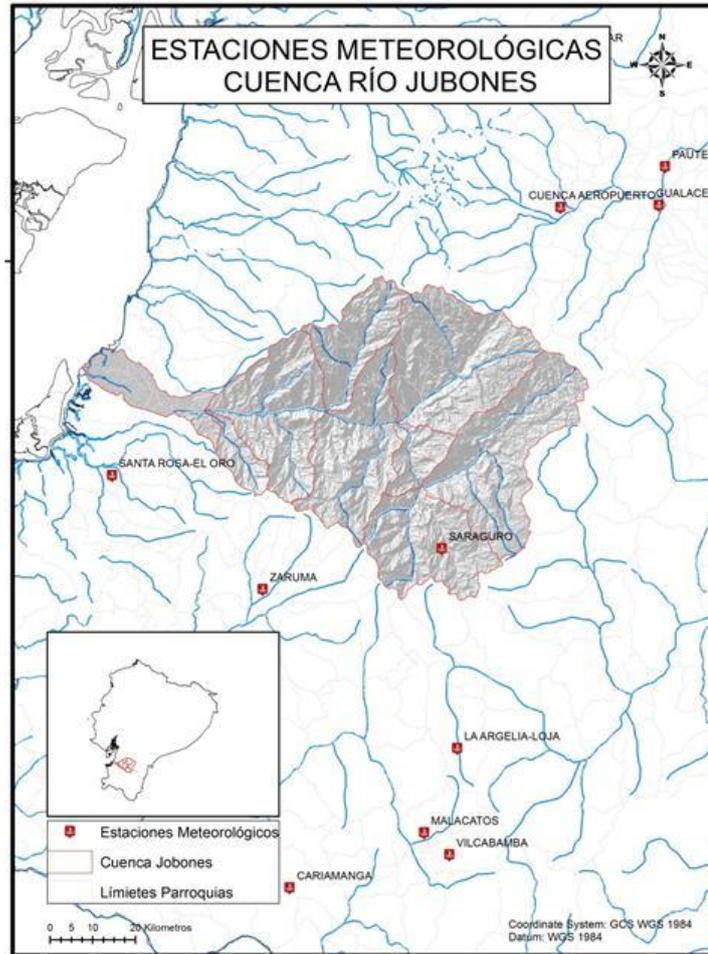


Figura 2.- Ubicación de las estaciones en la cuenca y en la zona aledaña, que cumplen con los requisitos para proceder a un análisis de tendencias de índices climáticos. Fuente de datos: INAMHI.

Los datos de estas estaciones cuentan con registros desde el 1 de enero de 1964 hasta el 31 de diciembre de 2012. Estos 48 años de datos permiten establecer con mayor certeza la tendencia climática en la zona, sobre todo en la cuenca alta donde los cambios son más marcados, de acuerdo a la geografía, que en la cuenca baja donde con una estación se puede representar de mejor manera el clima de la zona.

2.1.2. Control de calidad de los datos

Para que los análisis de tendencias muestren resultados fiables, los datos meteorológicos provenientes de las estaciones deben ser sometidos a un control de calidad riguroso que elimine valores que, por error de diversa naturaleza, pueden haber ingresado a la base de datos. Entre los casos más comunes de errores se encuentra la temperatura mínima intercambiada con la temperatura máxima, registros de precipitación negativa, entre otros. Estos errores son fáciles de detectar al hacer una revisión preliminar de los datos, sin embargo existe otro tipo de errores más complejos de ubicar, sobre todo

cuando se trata de series de tiempo de períodos largos como las estaciones utilizadas en el análisis de tendencias (48 años de datos diarios). En este caso, cada estación contaba con cerca de 18.000 registros por cada una de las variables (precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima), es decir cerca de 55.000 registros que revisar por cada estación meteorológica. Estos errores, comúnmente, son difíciles de detectar y se relacionan con el ingreso de datos fraudulentos dentro del registro global, cuando los observadores inventan el dato y realizan una repetición sistemática de los mismos o los repiten por varios días consecutivos.

El control de calidad se realizó por cada parámetro, de acuerdo a las rutinas incluidas en el programa Rclimdex1 para este propósito. Las rutinas de control de calidad de este programa incluyen controles de datos que se obtienen al superar determinado número de desviaciones estándar; para este caso se utilizaron tres desviaciones estándar por encima y por debajo de la media de la serie. Aquellos valores que se ubicaron fuera de este rango fueron inspeccionados para ver si se trata de errores de ingreso o son producto de la variabilidad climática propia de la zona. Esta comprobación se realizó comparando estos valores con estaciones cercanas a ver si es un patrón regional que se repite en las demás estaciones o es un valor particular que se da en esa estación únicamente.

En la Figura 3 se aprecia una de las gráficas en las que se observa los valores que se ubican fuera del rango permitido de desviaciones estándar. Nótese los valores que salen de rango en 1970, 1973, 2009 y 2011. Además, en la figura se cuenta con los datos para conocer la fecha exacta en que aquellos valores ocurrieron para que luego de la inspección visual, se haga la corrección en los registros específicos donde se requiera.

El porcentaje de datos que requirió corrección (calificación como dato nulo) fue de alrededor del 1% de los datos ubicados fuera de rango; los demás datos que salieron del rango fueron dejados como tal en las series de tiempo porque la desviación fuera de rango en la mayoría de los casos era de unas cuantas décimas. El análisis de control de calidad se realiza a las variables de temperatura máxima, temperatura mínima y al rango de variación diurna (diferencia entre la temperatura máxima y mínima diaria).

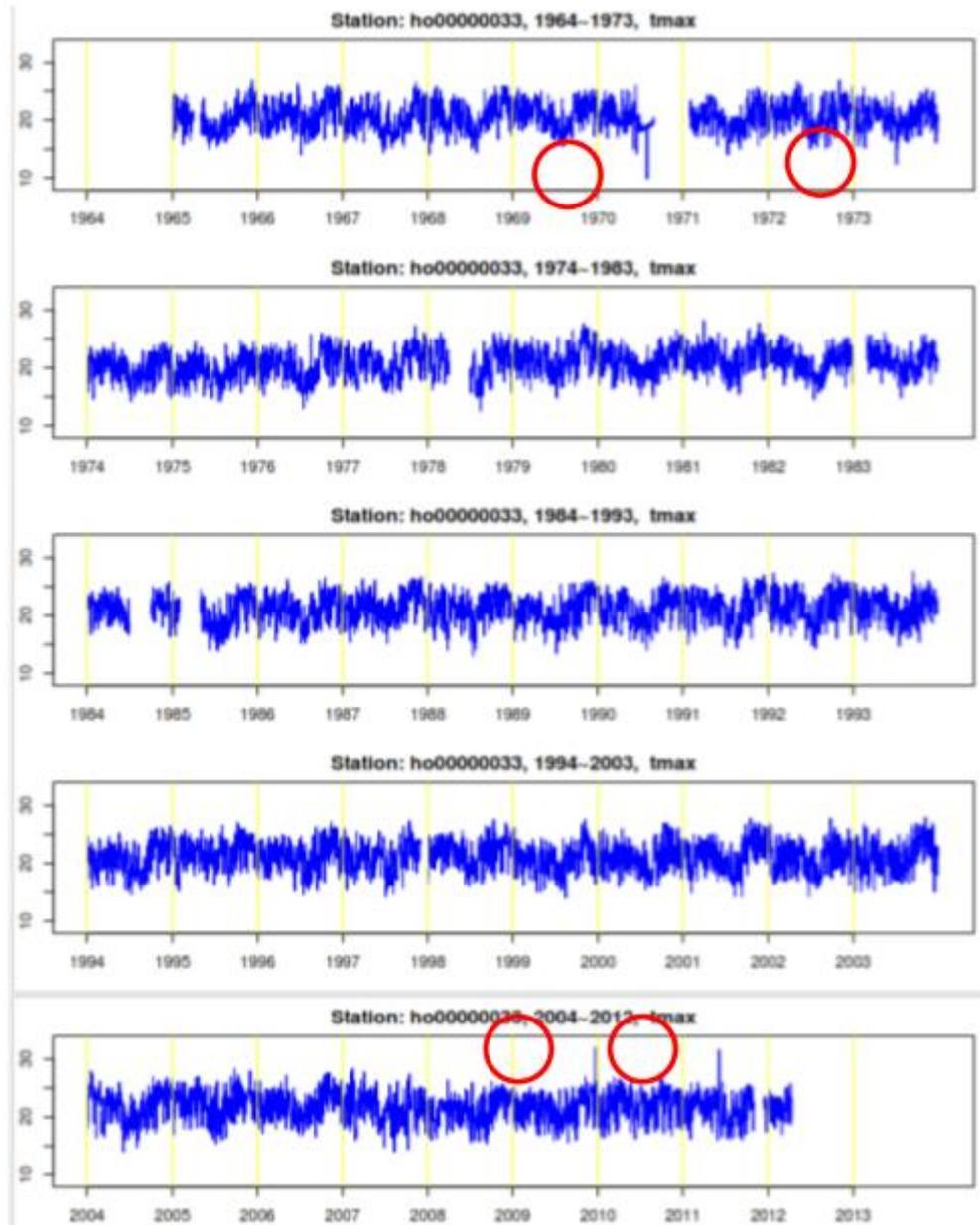


Figura 3.- Gráfica de valores de temperatura máxima para la estación La Argelia-Loja, antes de la corrección de datos por control de calidad de datos. Los círculos rojos indican los valores que escapan del rango permitido de variación. Fuente de datos: INAMHI.

En la figura 4 se aprecia el control de calidad efectuado a la serie de temperatura máxima y mínima combinadas en lo que se conoce como rango diario de variación diurna de temperatura o, en otros términos, la diferencia entre la temperatura máxima y mínima, la cual debe necesariamente mantenerse dentro de rangos aceptables de cambio de acuerdo a las características climáticas de cada región. Los puntos rojos en las figuras indican la ausencia de datos.

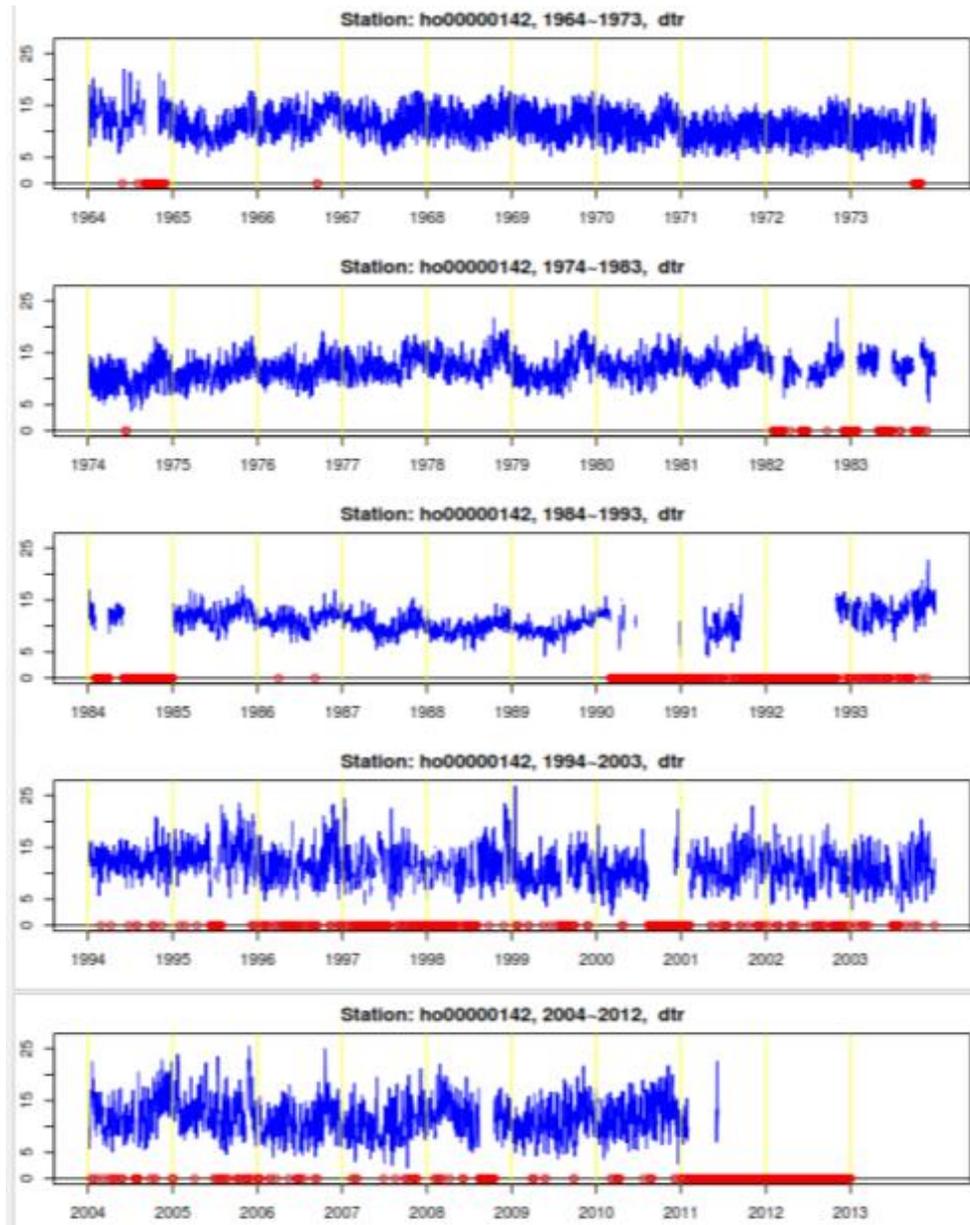


Figura 4.- Gráfica de valores de rango diario de temperatura (diferencia entre la temperatura máxima y la temperatura mínima) para la estación Saraguro, antes de la corrección de datos por control de calidad de datos. Los puntos rojos indican ausencia de datos. Fuente de datos: INAMHI.

Para la precipitación, debido a su naturaleza que no se ajusta a una distribución como en el caso de la temperatura, el control de calidad es más complejo y deben utilizarse otras distribuciones estadísticas como la distribución gamma. Generalmente para la precipitación se realiza una inspección visual de los datos y un histograma de frecuencia de los datos (Figura 5).

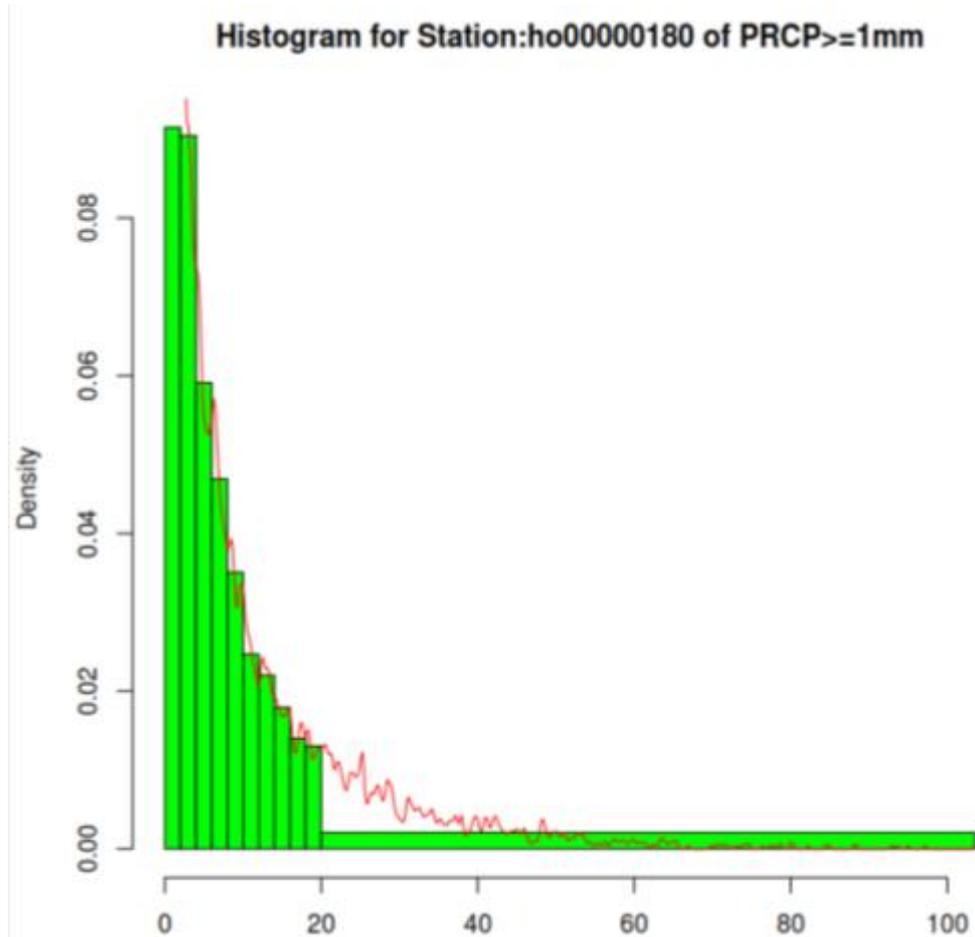


Figura 5.- Histograma de frecuencia de datos diarios de precipitación mayor a 1 milímetro para la estación Zaruma. Los datos de precipitación siguen una distribución que puede ajustarse a una distribución estadística gamma. En el eje de las X se muestra los milímetros de lluvia y en el eje Y la densidad (cantidad de eventos por año) por cada rango de precipitación. Fuente de datos: INAMHI.

Los datos de precipitación obedecen, generalmente, a una distribución no gaussiana (es decir que no tiene un valor medio donde se agrupa la mayoría de valores y luego menor de densidad de datos hacia valores menores y mayores que la media), con claro sesgo positivo; gran variabilidad interdiaria e interanual y rápida de-correlación espacial (es decir que lo que ocurre en una estación no necesariamente ocurre en una estación vecina).

Por estas razones, su control de calidad es más dificultoso y en ocasiones se reduce a meras representaciones de la información, verificando el cumplimiento de la estacionalidad de las lluvias y rangos físicamente aceptables y razonables considerando la variabilidad de cada zona (Figura 5).

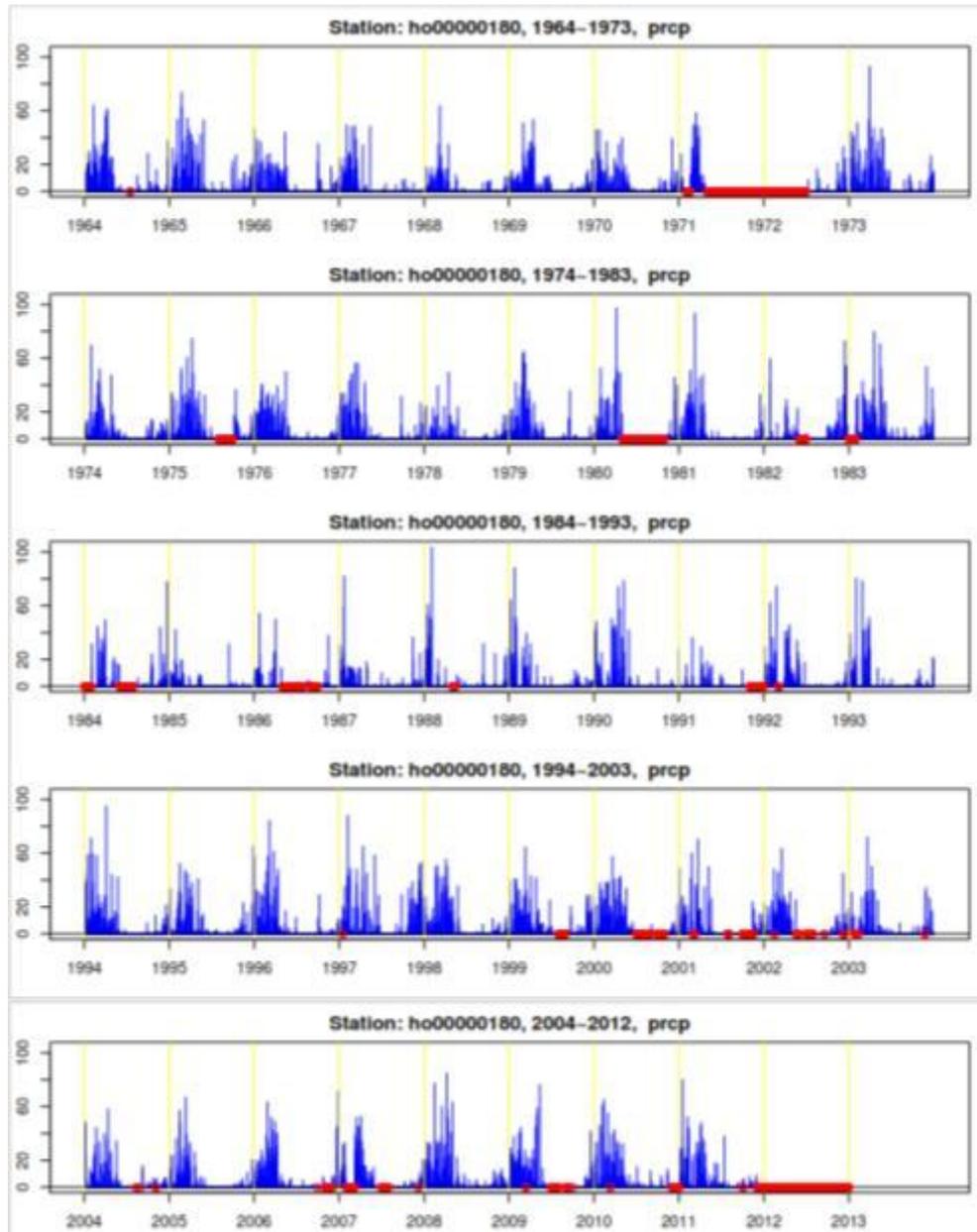


Figura 6.- Gráfica de valores de precipitación diaria para la estación Zaruma, Se observa una clara estacionalidad en los datos. Los puntos rojos indican ausencia de datos. Fuente de datos: INAMHI.

2.1.3. Homogeneización de datos

Luego del control de calidad de los datos, las series de tiempo deben ser sometidas a un proceso de homogeneización. Las series de tiempo meteorológicas, sobre todo aquellas de larga extensión (más de 30 años) por lo general, se vuelven no homogéneas. El término se aplica a aquellas series que, por cambios en las condiciones externas en las estaciones, muestran cambios que no corresponden a cambios en el clima. Estos cambios en las condiciones externas tienen que ver, generalmente, con cambios en el uso del suelo en los alrededores de las estaciones, desarrollo urbano y desarrollo de infraestructura desde que fueron instaladas hasta la actualidad.

Otra fuente de no homogeneidad es el cambio tecnológico en los instrumentos de medición a lo largo de los años, deficiencia en la calibración y mantenimiento de los instrumentos, cambios en el personal y nivel de entrenamiento de los observadores, cambios en la forma de transmisión y almacenamiento de los datos. Éstas son las principales causas que hacen que los datos registrados al inicio de la serie de tiempo no sean comparables a los del final de la serie y en los períodos intermedios.

Para evitar errores inducidos por la no homogeneidad de las series, éstas fueron sometidas a un proceso de homogeneización, lo cual garantiza que las tendencias de los datos a lo largo de los años obedecen, puramente, a factores climáticos y no a factores externos.

La homogeneización de series temporales es un paso previo y necesario a cualquier análisis climático. Eliminar los sesgos no relacionados con la dinámica atmosférica es crucial a la hora de monitorizar la evolución temporal del clima. Existe en la actualidad un intenso debate sobre las técnicas idóneas para realizar dicho proceso, que puede descomponerse en detección (identificación de rupturas de homogeneidad) y ajuste (reducción del impacto que dichas rupturas ocasionan sobre las series). La series utilizadas en este proyecto fueron homogeneizadas con el “Test de Alexandersson” (Standard Normal Homogeneity Test, Alexandersson et al., 1997) para la detección y corrección de datos mensuales y en la técnica de interpolación descrita por Vincent et. al. (2002) para el ajuste de datos diarios (aplicable a temperatura).

De acuerdo a lo expuesto en Aguilar et al (2003) no es necesario obrar con extrema cautela a la hora de homogenizar series temporales y apoyase, siempre que sea posible, en los metadatos (información sobre la información) disponibles. Cualquier ajuste tiene como objeto uniformizar las condiciones en las que los distintos valores de una serie temporal han sido tomados, haciéndolos comparables con el segmento homogéneo más reciente.

El ajuste debe ser prudente y conservador, más aún si cabe en una variable de características estadísticas especiales, y una gran variabilidad espacial y

temporal como es la precipitación en buena parte de los climas de Sudamérica, sobre todo en la región andina. En el país son pocas las estaciones meteorológicas que cumplen con todos los requisitos anotados en la sección 2.1.1.

De acuerdo a esto, las estaciones del INAMHI que han sido sometidas a un riguroso proceso de control de calidad y homogenización son:

Código	Nombre Estación	Latitud	Longitud	Altitud
M0003	IZOBAMBA	-0.3666	-78.55	3058
M0005	PORTOVIEJO-UTM	-1.0375	-80.459	46
M0006	PICHILINGUE	-1.1	-79.461	120
M0008	PUYO	-1.5075	-77.943	960
M0025	LA CONCORDIA	0.0266	-79.371	379
M0026	PUERTO ILA	-0.4761	-79.338	319
M0031	CAÑAR	-2.5519	-78.945	3083
M0033	LA ARGELIA-LOJA	-4.0363	-79.201	2160
M0037	MILAGRO- VALDEZ	-2.1155	-79.599	13
M0102	EL ANGEL	0.6263	-77.943	3000
M0105	OTAVALO	0.2433	-78.25	2550
M0138	PAUTE	-2.8	-78.762	2194
M0139	GUALACEO	-2.8819	-78.776	2230
M0142	SARAGURO	-3.6119	-79.233	2525
M0144	VILCABAMBA	-4.2627	-79.217	1563
M0146	CARIAMANGA	-4.3333	-79.554	1950
M0148	CELICA	-4.1047	-79.951	1904
M0162	CHONE- U.CATOLICA	-0.6641	-80.036	36
M0180	ZARUMA	-3.6988	-79.611	1100

Tabla 3.- Listado de estaciones que han sido sometidas a control de calidad y homogeneización de datos.

Fuente de datos: INAMHI

Entre este grupo de estaciones se encuentran las que se utilizan en la Cuenca del río Jubones y posiblemente alguna otra en la zona de influencia climática.

2.1.4. Cálculo de índices climáticos y sus tendencias

Una vez que se cuenta con datos con control de calidad y homoginizados, se pudo realizar el análisis de tendencias de índices climáticos en el período 1965-2011. El análisis de tendencias de índices climáticos se realizó con el programa estadístico RClindex. Los índices climáticos se obtienen al agrupar los datos de tal forma que se puede extraer información mediante conteos, grupos y secuencias para obtener resultados como número de las noches frías o número de días cálidos (ambos con base en umbrales definidos por el usuario), variación de la temperatura diurna o el número de días consecutivos que llueve o que no llueve durante la época de lluvias, entre los principales índices para la región ecuatorial.

El RClindex (versión para lenguaje de programación R del programa Clindex) es un software desarrollado y mantenido por Xuebin Zhang y Feng Yang (2004) del Departamento de Investigación Climática del Servicio Meteorológico de Canadá. El programa ha sido adoptado por el Grupo de Expertos de la Comisión de Climatología de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de Variabilidad Climática (CLIVAR) en Detección de Índices de Cambio Climáticos y extremos CCI/CLIVAR (Expert Team on Climate Change Detection and Indices) ETCCDI en diferentes partes del mundo.

Los índices climáticos que pueden ser calculados con RClindex han sido definidos como estándares por expertos del ETCCDI y la mayoría de ellos son aplicables a las condiciones locales, sin embargo otros cuantos han sido diseñados para el hemisferio norte. En este trabajo, se calcularon para la cuenca del río Jubones todos los 27 índices estándares (Tabla 4) pero en este informe se presenta el análisis para 17 índices que tienen sentido para la región (Tabla 4a).

Tabla 4.- Listado de los índices calculados por el programa RClindex. Los 27 índices se relacionan a las variables de precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima.

ID	NOMBRE DEL INDICADOR	DEFINICIÓN	UNIDAD
FD0	Frost days (Días de heladas)	Número de días en un año cuando TN(mínimo diario)<0°C	Días
SU25	Summer days (Días de verano)	Número de días en un año cuando TX(máximo diario)>25°C	Días
IDO	Ice days	Número de días en un año cuando TX(máximo diario)<0°C	Días

ID	NOMBRE DEL INDICADOR	DEFINICIÓN	UNIDAD
TR20	Tropical nights (Noches tropicales)	Número de días en un año cuando TN(mínimo diario)>20°C	Días
GSL	Growing season Length (Duración de la estación de cultivo)	Anual (1st Ene a 31 st Dic en HN, 1 st Julio a 30 th Junio en HS) cuenta entre el primer periodo de por lo menos 6 días con TG>5°C y primer periodo después de Julio 1 (Enero 1 en HS) de 6 días con TG<5°C	Días
TXx	Max Tmax	Valor mensual máximo de temperatura máxima diaria	°C
TNx	Max Tmin	Valor mensual máximo de temperatura mínima diaria	°C
TXn	Min Tmax	Valor mensual mínimo de temperatura máxima diaria	°C
TNn	Min Tmin	Valor mensual mínimo de temperatura mínima diaria	°C
WSDI	Warm spell duration indicador (Indicador de la duración de periodos calientes)	Contaje anual de días con por lo menos 6 días consecutivos en que TX>90th percentil	Días
CSDI	Cold spell duration indicador (indicador de la duración de periodos fríos)	Contaje anual de días con por lo menos 6 días consecutivos en que TN<10th percentil	Días
DTR	Diurnal temperature range (rango diurno de temperatura)	Diferencia media mensual entre TX y TN	°C
RX1day	Max 1-day precipitation amount (Cantidad Máxima de precipitación en un día)	Máximo mensual de precipitación (PRCP) en 1 día	mm

ID	NOMBRE DEL INDICADOR	DEFINICIÓN	UNIDAD
Rx5day	Max 5-day precipitation amount (Cantidad Máxima de precipitación en 5 días)	Máximo mensual de precipitación en 5 días consecutivos	mm
SDII	Simple daily intensity index (Índice simple de intensidad diaria)	Precipitación anual total dividida para el número de días húmedos (definidos por PRCP $\geq 1.0\text{mm}$) en un año	mm/día
R10	Number of heavy precipitation days (Número de días con precipitación intensa)	Número de días en un año en que PRCP $\geq 10\text{mm}$	Días
R20	Number of very heavy precipitation days (Número de días con precipitación muy intensa)	Número de días en un año en que PRCP $\geq 20\text{mm}$	Días
Rnn	Number of days above nn mm (Número de días sobre nn mm)	Número de días en un año en que PRCP $\geq nn$ mm, nn es un parámetro de cantidad de lluvia definido por el usuario	Días
CDD	Consecutive dry days (Días secos consecutivos)	Número máximo de días consecutivos con PRCP $< 1\text{mm}$	Días
CWD	Consecutive wet days (Días húmedos consecutivos)	Número máximo de días consecutivos con PRCP $\geq 1\text{mm}$	Días
R95p	Very wet days (Días muy húmedos)	Precipitación anual total en que PRCP >95 percentil	mm

ID	NOMBRE DEL INDICADOR	DEFINICIÓN	UNIDAD
R99p	Extremely wet days (Días extremadamente secos)	Precipitación anual total en que PRCP >99 percentil	mm
PRCPTOT	Annual total wet-day precipitation (Precipitación total anual en los días húmedos)	Precipitación anual total en los días húmedos (PRCP >= 1mm)	mm

Se realizó una migración del formato de los datos originales desde MS Excel hacia el formato que el programa RClindex requiere para el procesamiento. Algunos de los requisitos que debe cumplir un archivo son:

- Archivo de texto
- Secuencia de columnas: AÑO, MES, DÍA, PRECIPITACIÓN, TEMPERATURA MAXIMA, TEMPERATURA MINIMA.
- Los datos dentro del archivo deben estar separados por espacios.
- Datos ausentes codificados como -99.9.
- Registros de datos dispuestos en orden cronológico, permitiéndose la existencia de fechas sin datos asociados.

Un archivo para entrada de datos se vería de la siguiente forma:

año	mes	día	precipitación	temp-max.	temp-min
2009	07	12	65.2	32.1	17.5
2009	07	13	10.5	31.0	18.0
etc....					

Debido a la cantidad de datos (cerca de 55.000 por cada estación), para llevar a cabo la transformación de formatos originales de datos a aquellos que pueden ser leídos por RClindex, se elaboró una rutina automatizada (macro) en MS Excel que dispusiera de manera automática los datos del formato matricial a formato de columnas conforme a las especificaciones arriba anotadas.

Una vez que se tuvo los datos en los formatos requeridos por el programa, se calcularon los 27 índices para las estaciones de la Tabla 2, sin embargo, sólo 16

índices son representativos para toda la región y 1, el SU25 tiene sentido solo para la parte media y alta de la cuenca (Tabla 4a).

El cálculo de índices se realiza por año y lo que se busca es determinar el cambio de cada índice a lo largo de los 48 años de datos. Esto viene determinado por la pendiente que se calcula en la serie anual de índices; en otras palabras, la pendiente calculada es la tendencia de cada uno de los índices. Esta tendencia puede ser positiva (incremento del índice a los largo de los años) o negativa (disminución del índice a lo largo de los años).

En toda serie de tiempo es factible calcular una tendencia, sin embargo ésta debe ser sometida a una prueba de significancia estadística. Esta prueba se corre para que indique, en cierta forma, que la tendencia no es matemática (resultado de la operación matemática de calcular la tendencia) sino que es estadísticamente significativa. Es decir que la tendencia encontrada es producto de un cambio real en los datos (cambio en el clima, en este caso) con un nivel de significancia o confianza determinado; para este trabajo se utilizó un nivel de significancia estadística del 90%, es decir que los resultados de tendencia menores a ese nivel no pueden ser concluyentes. No obstante, se reporta el valor de la tendencia y se hace la salvedad o advertencia de la no-significancia estadística, de ser ese el caso.

Tabla 4a.- Listado de los 17 índices calculados por el programa RClimdex para la cuenca del Río Jubones. Uno de ellos, SU25 tiene sentido únicamente para la parte media y alta de la cuenca, pues éste es un conteo de los días en que la temperatura máxima fue superior a 25°C

ID	NOMBRE DEL INDICADOR	DEFINICIÓN	UNIDAD
SU25	Summer days (Días de verano)	Número de días en un año cuando TX (máximo diario) > 25°C. <i>Aplicable para la parte media y alta de la cuenca.</i>	Días
TXx	Max Tmax	Valor mensual máximo de temperatura máxima diaria	°C
TNx	Max Tmin	Valor mensual máximo de temperatura mínima diaria	°C
TXn	Min Tmax	Valor mensual mínimo de temperatura máxima diaria	°C
TNn	Min Tmin	Valor mensual mínimo de temperatura mínima diaria	°C

ID	NOMBRE DEL INDICADOR	DEFINICIÓN	UNIDAD
DTR	Diurnal temperature range (rango diurno de temperatura)	Diferencia media mensual entre TX y TN	°C
RX1day	Max 1-day precipitation amount (Cantidad Máxima de precipitación en un día)	Máximo mensual de precipitación (PRCP) en 1 día	mm
Rx5day	Max 5-day precipitation amount (Cantidad Máxima de precipitación en 5 días)	Máximo mensual de precipitación en 5 días consecutivos	mm
SDII	Simple daily intensity index (Índice simple de intensidad diaria)	Precipitación anual total dividida para el número de días húmedos (definidos por PRCP $\geq 1.0\text{mm}$) en un año	mm/día
R10	Number of heavy precipitation days (Número de días con precipitación intensa)	Número de días en un año en que PRCP $\geq 10\text{mm}$	Días
R20	Number of very heavy precipitation days (Número de días con precipitación muy intensa)	Número de días en un año en que PRCP $\geq 20\text{mm}$	Días
Rnn	Number of days above nn mm (Número de días sobre nn mm)	Número de días en un año en que PRCP $\geq nn$ mm, nn es un parámetro de cantidad de lluvia definido por el usuario. <i>Para este análisis se ha definido en 25 mm.</i>	Días
CDD	Consecutive dry days (Días secos consecutivos)	Número máximo de días consecutivos con PRCP $< 1\text{mm}$	Días
CWD	Consecutive wet days (Días húmedos consecutivos)	Número máximo de días consecutivos con PRCP $\geq 1\text{mm}$	Días
R95p	Very wet days (Días muy húmedos)	Precipitación anual total en que PRCP >95 percentil	mm
R99p	Extremely wet days (Días extremadamente secos)	Precipitación anual total en que PRCP >99 percentil	mm
PRCPTOT	Annual total wet-day precipitation (Precipitación total anual en los días húmedos)	Precipitación anual total en los días húmedos (PRCP $\geq 1\text{mm}$)	mm

2.2. Metodología para la obtención de las proyecciones climáticas derivadas de modelos numéricos

Se presentan proyecciones del cambio de precipitación y temperatura para efectos de contribuir en la planificación a escala de décadas. También se incluye la información de varios modelos de proyecciones climáticas y, al final, la combinación de éstos para obtener una sola proyección de consenso.

2.2.1. Modelo REMO

El modelo REMO ha sido desarrollado por el instituto Max Planck de Alemania y se ha utilizado para implementar el proyecto CORDEX, que busca reducir la escala (downscaling) de los resultados del modelo global que ellos poseen. El modelo REMO tiene una resolución de 50 Km y se espera que, a corto plazo, pueda generar proyecciones a 20 Km.

REMO es un modelo de circulación atmosférica tridimensional que resuelve las ecuaciones primitivas discretizadas (con aproximación hidrostática). El modelo REMO ha demostrado ser capaz de reproducir de forma bastante fiable los patrones climáticos regionales en el continente europeo (proyecto ENSEMBLE), en África y Suramérica (proyecto CORDEX).

Para el proyecto se han utilizado mapas de cambio en la precipitación media en porcentaje y el cambio en la temperatura media del aire en grados Celsius, para el período 2020-2039 comparado con el período 1980-2000 y un escenario medio de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (RCP4.5).

2.2.2. Modelo TL959L60 MRI/JMA

El modelo TL959L60 MRI/JMA o MRI-AGCM pertenece al Instituto de Investigación Meteorológica de Japón y a la Agencia Japonesa de Meteorología. El modelo ha sido utilizado en varios proyectos en Sudamérica. El modelo MRI-AGCM tiene una resolución espacial de 20 Km para un escenario medio de emisiones de GEI.

La resolución horizontal de este modelo es comparable a las resoluciones de modelos climáticos regionales utilizados en estudios de cambio climático recientes. Los resultados obtenidos con MRI-AGCM han sido utilizados para investigar el cambio climático en diferentes regiones de América Latina y el Caribe (Vergara *et. al.*, 2010), Bangladesh (Rahman *et. al.*, 2011) y el Mediterráneo.

Se han elaborado mapas del cambio en la precipitación media y trimestral en porcentaje y la temperatura media anual en grados Celsius, ambas para el período 2020-2039 comparado con el período 1980-2000.

2.2.3. Modelo combinado de modelos globales y regionales

El estudio de diagnóstico y proyección de cambio climático en la región se basa en el análisis de tres tipos de datos claramente diferenciados:

- a) Datos de 10 modelos globales obtenidos en el marco del proyecto
- b) CMIP5;
- c) Datos del modelo regional REMO generados en el marco del proyecto
- d) CORDEX; y
- e) Datos del modelo MRI-AGCM (modelo Japonés).

Con estas tres fuentes de datos se realizó una combinación (promedio simple) que muestra el promedio de cambio obtenido a partir de todos los 12 modelos utilizados (10 modelos globales y 2 modelos regionales). A esto se lo denomina, en este estudio, como modelo “combinado”. Los resultados de esta combinación muestran lo que la mayoría de modelos proyecta en cuanto al clima futuro; es una aproximación más robusta que si se tratara de un modelo individual. Esto reduce la incertidumbre que los modelos de forma particular contienen.

2.2.3.1. Modelos Globales seleccionados para la combinación

Las proyecciones climáticas son un elemento crucial en el proceso de toma de decisiones, que debe ser consistente con el marco general proporcionado por el informe especial sobre escenarios de emisiones elaborado por el IPCC y con los informes de evaluación del IPCC (<http://www.ipcc.ch/pub/reports.htm>). La herramienta básica para realizar estimaciones de proyecciones climáticas son los modelos de circulación general acoplados océano-atmósfera (AOGCM, por sus siglas en inglés).

El principal forzamiento de los AOGCM utilizados en el Quinto Informe es la radiación solar, para la que se ha incluido su variación interanual. Todos los modelos son también forzados por concentraciones de gases atmosféricos, de origen antropogénico y natural (gases de efecto invernadero, aerosoles provenientes de erupciones volcánicas, quema de biomasa o contaminación).

Para el Quinto Informe, también, se incluye el forzamiento por cambios de uso de suelo. Nuestro desconocimiento de la evolución socioeconómica se traduce en el uso de las vías de concentración representativa que proporcionan escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero (principalmente desarrollo industrial) y cambios en el uso de suelo (desarrollo de agricultura) de acuerdo a distintos escenarios plausibles de desarrollo socioeconómico.

Las concentraciones de gases de efecto invernadero se calculan con ayuda de modelos de ciclo de carbono, que se incluyen como submodelos en algunos AOGCM; en tanto que para la mayoría de los AGCM (modelos atmosféricos de circulación global), estas concentraciones son calculadas por modelos biogeoquímicos externos.

En esta combinación, se utilizaron modelos de la base de datos CMIP5 (http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/data_getting_started.html).

Después de un análisis previo de los modelos disponibles, usando como criterio la capacidad de los modelos de simular la climatología del período 1961-1990 y los principales fenómenos climáticos globales, se decidió reducir el número de modelos a utilizar. La resolución de los modelos varía entre 1-4 grados; la mayoría tiene una resolución 2,5 - 2,7 grados. Los modelos globales utilizados son los que mejor representan el clima de la región, cada uno de ellos tiene margen de error y de acierto. Es decir que no existe alguno de ellos superior a los otros

Tabla 5.- Listado de los modelos del Quinto Informe del IPCC incluidos en la combinación de modelos.

Nombre Modelo	Acrónimo	Modelo	Resolución	Resolución atmósfera	
				Lat.	Lon.
Beijing Climate Center, China Meteorological Administration, Pekín, China	BCC	bcc-csm1-1	128 _ 64, L40	~2.8	2.8125
Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis, Victoria, Canadá	CCCMA	canesm2	128 _ 64, L35	~2.7	2.8125
Centre National de Recherches Meteorologiques, CNRM & CERFACS, Toulouse, Francia	CNRM	cnrm-cm5	256 _ 128, L31	~1.4	1.40625
Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization –	CSIRO	csiro-mk3-6-0	192 _ 96, L18	~1.85	1.875

Nombre Modelo	Acrónimo	Modelo	Resolución	Resolución atmósfera	
				Lat.	Lon.
Queensland Climate Change Centre of Excellence (CSIRO-QCCCE), Australia					
Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, (NOAA-GFDL), Princeton, Estados Unidos	GFDL	gfdl-esm2m	144 _ 90, L24	1.5-2.0	2.5
NASA Goddard Institute for Space Studies (NASA-GISS), New York, Estados Unidos	GISS	giss-e2-r	144 _ 90, L40	1.5-2.0	2.5
Institute of Atmospheric Physics Chinese Academy of Science, Pekín, China	IAP	fgoals-g2	128 _ 60, L26	2.8 – 6.13	2.8125
Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC), Italia	INGV	cmcc-cm	480 _ 240, L31	~0.8	0.8
Institut Pierre-Simon Laplace, Francia (IPSL), París, Francia	IPSL	ipsl-cm5a-lr	96 _ 96, L39	1.894	3.75
Institut Pierre-Simon Laplace, France (IPSL), París, Francia	IPSLm	ipsl-cm5a-mr	144 _ 143, L39	1.894	3.75

Nombre Modelo	Acrónimo	Modelo	Resolución	Resolución atmósfera	
				Lat.	Lon.
Atm. and Ocean Research Inst. (Univ. of Tokyo), Nat. Inst. for Environmental Studies, and Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Japón AORI&NIES&JAMS TEC, Japón	MIROC	miroc5	256 _ 128, L40	~1.4	1.4
Met Office Hadley Centre MOHC, Exeter, Reino Unido	MOHC	hadgem2-es	192 _ 145, L38	1.25	1.875
Max Planck Institute for Meteorology (MPI-M), Hamburgo, Alemania	MPIM	mpi-esm-lr	192 _ 96, L47	~1.85	1.87
Max Planck Institute for Meteorology (MPI-M), Hamburgo, Alemania	MPIMm	mpi-esm-mr	192 _ 96, L95	~1.85	1.87
Meteorological Research Institute (MRI), Tsukuba, Japón	MRI	mri-cgcm3	320 _ 160, L48	1.125	1.125
NCAR Community Climate System Model, Estados Unidos	NCAR	ccsm4	288 _ 192, L26	0.943	1.25
Norwegian Climate Centre NCC, Oslo Noruega	NCC	noresm1-m	144 _ 96, L26	~1.85	2.5

3. Descripción de los componentes del módulo de servicios climáticos

3.1. *Componente de Largo Plazo*

El componente de largo plazo dentro del módulo de clima, expone las condiciones climáticas de precipitación y temperatura en escala de décadas. Se consideran dos fuentes principales de información; datos históricos, cuyo tratamiento y análisis de detalla en la sección 2.1 y modelos climáticos de largo plazo, cuyo tratamiento y análisis se detalla en la sección 2.2.

3.1.1. Principales características del componente

Las principales características de este componente son:

- La escala de tiempo es de décadas
- La información no se actualiza puesto que es un análisis de largo plazo que se realiza una vez.
- Se utilizan dos fuentes de información: información histórica proveniente de estaciones meteorológicas y resultados de modelos de cambio climático.

La finalidad de este componente es la brindar información sobre las tendencias y las proyecciones del clima a largo plazo, es decir a escala de décadas.

Dentro del contexto del SAGRC, se puede utilizar esta información para una planificación a más largo plazo, en la que se incluyan medidas de adaptación y políticas de largo aliento para enfrentar los posibles impactos que se pueden derivar de cambios en la precipitación y la temperatura sobre los diferentes pilares de la seguridad alimentaria.

La información climática de este componente tiene que cruzarse con la información de vulnerabilidad y riesgos que se incluye en el módulo correspondiente del visor del SAGRC. La combinación de estas dos fuentes de información proveerá importantes insumos a los tomadores de decisión y a los actores locales de la cuenca para poder diseñar políticas y medidas orientadas a disminuir los impactos de los cambios en la precipitación y temperatura en sus territorios.

A diferencia de los otros componentes, éste no tiene actualización dentro del visor puesto que al ser de largo plazo, las tendencias o proyecciones no cambian frecuentemente. Las alertas que se pueden derivar de esta información orientan la toma de decisiones para la elaboración de planes de adaptación en relación a la disponibilidad y acceso a alimentos frente a condiciones de cambio climático.

3.1.2. Información que incluye este componente

Este componente incluye la siguiente información:

- Tendencias a mediano plazo de índices climáticos derivados de la información de datos históricos disponible en el INAMHI.
- Proyecciones climáticas para la cuenca derivadas de los modelos REMO y TL959L60 MRI/JMA y la combinación de éstos más 10 modelos globales a mediano plazo (2020-2039).

A continuación se presentan los detalles de cada componente.

3.1.2.1. Tendencias a mediano plazo de índices climáticos derivados de la información histórica disponible en el INAMHI

A. Breve descripción

Este componente se basa en el cálculo de la tendencia de índices climáticos calculados a partir de datos históricos de estaciones meteorológicas del INAMHI. Luego de las pruebas estadísticas se descartaron aquellos resultados que no tenían una tendencia de cambio que se podía demostrar que se debían al clima.

Para las estaciones de la cuenca se calcularon las tendencias de cambio desde 1965 al 2011 de los siguientes 17 índices climáticos. La metodología utilizada, se describe a detalle en 2.1.

Tabla 6.- Definición de los índices de tendencias de cambio y sus posibles usos para el SAGRC

ID	NOMBRE DEL INDICADOR	UTILIDAD PARA EL SAGRC
SU25	Summer days (Días de verano)	Estima la tendencia a que la temperatura supere los 25°C. Es útil en las zonas altas y medias de la cuenca para determinar valores extremos de temperatura máxima que pueden afectar cultivos sensibles a temperaturas altas. Podría orientar el tipo de cultivos que se pueden tener en una zona.
TXx	Max Tmax	Estima la tendencia de que la temperatura máxima se incremente. Es útil para detectar señales de calentamiento en las tardes que pueden perjudicar el desarrollo de los cultivos. Igual serviría de orientación para definir tipos de cultivos a sembrar.
TNx	Max Tmin	Estima la tendencia de que la temperatura máxima se incremente. Es útil para detectar señales de calentamiento en las noches que pueden perjudicar el desarrollo de los cultivos. Puede orientar para el tipo de cultivos que se promueva en diferentes zonas.

ID	NOMBRE DEL INDICADOR	UTILIDAD PARA EL SAGRC
TXn	Min Tmax	Estima la tendencia de que la temperatura máxima disminuya. Es útil para detectar señales de enfriamiento en las tardes que pueden perjudicar el desarrollo de los cultivos.
TNn	Min Tmin	Estima la tendencia de que la temperatura mínima disminuya. Es útil para detectar señales de enfriamiento en las noches que pueden perjudicar el desarrollo de los cultivos. Inclusive puede llevar a ver tendencia a heladas en la parte alta de la cuenca.
DTR	Diurnal temperature range (rango diario de temperatura)	Estima la tendencia de que el rango diario de variación aumente o disminuya. Es útil en el SAGRC porque ciertos cultivos son muy sensibles a los cambios de temperatura en cortos periodos de tiempo: no soportan rangos muy altos de variación de temperatura. Orientaría el tipo de cultivo que se puede tener en una zona.
RX1day	Max 1-day precipitation amount (Cantidad Máxima de precipitación en un día)	Estima la tendencia de la máxima precipitación en un día. Es útil para estimar si la precipitación diaria tiende a cambiar en el tiempo. Puede orientar para la implementación de medidas de drenaje en los terrenos para evitar daños por exceso de agua.
Rx5day	Max 5-day precipitation amount (Cantidad Máxima de precipitación en 5 días)	Estima la tendencia de la máxima precipitación en 5 días consecutivos. Es útil para estimar si la precipitación (días lluviosos) tiende a cambiar en el tiempo. Puede orientar para la implementación de medidas de drenaje en los terrenos para evitar daños por exceso de agua.
SDII	Simple daily intensity index (Índice simple de intensidad diaria)	Estima la intensidad de la lluvia. Es útil porque permite determinar si la intensidad de lluvia cambia de forma tal que afecte a ciertos cultivos. Orientaría en la implementación de medidas para el drenaje apropiado del agua y para la época de siembra.
R10	Number of heavy precipitation days (Número de días con precipitación intensa)	Estima la tendencia de que la precipitación en un día supere los 10mm. Es útil para estimar si la lluvia alcanza a suplir los requerimientos hídricos de los cultivos. Orientaría en la selección de los cultivos en una zona.
R20	Number of very heavy precipitation days (Número de días con precipitación muy intensa)	Estima la tendencia de que la precipitación en un día supere los 20mm. Es útil para estimar si la lluvia puede satisfacer los requerimientos de agua de los cultivos; considerar si puede ocasionar problemas en determinados cultivos más sensibles o en estados fenológicos más sensibles, especialmente en la parte media y alta de la cuenca; orientaría la implementación de medidas de drenaje en las zonas de cultivo.

ID	NOMBRE DEL INDICADOR	UTILIDAD PARA EL SAGRC
Rnn	Number of days above nn mm (Número de días sobre nn mm)	Estima la tendencia de que la precipitación en un día supere los milímetros de lluvia que el usuario desee examinar (para este caso se escogió 25 mm). Es útil para estimar si la lluvia alcanza a suplir los requerimientos hídricos de los cultivos; si ésta puede causar problemas en cultivos más sensibles al exceso de agua; y si es necesario incluir medidas para el drenaje de esta cantidad de agua.
CDD	Consecutive dry days (Días secos consecutivos)	Estima la tendencia de que persistan días consecutivos sin lluvia. Es útil para estimar si la lluvia alcanza a suplir los requerimientos hídricos de los cultivos. En caso de una tendencia muy marcada puede orientar la decisión de si se necesita algún tipo de riego adicional; y el tipo de cultivo que se podría tener en ciertas zonas.
CWD	Consecutive wet days (Días húmedos consecutivos)	Estima la tendencia de que persistan los días consecutivos con lluvia. Es útil para estimar si la lluvia alcanza a suplir los requerimientos hídricos de los cultivos; combinado con otros indicadores como el SDII, R10, R20, Rx5Day puede orientar el tipo de cultivo que se pueda tener, la implementación de sistemas de drenaje o riego; y medidas para garantizar el acceso a los alimentos
R95p	Very wet days (Días muy húmedos)	Estima la tendencia de que se presenten lluvias extremas. Es útil para estimar si la lluvia puede provocar daños en los cultivos; y definir la necesidad de implementar sistemas de drenaje apropiado. Combinado con otros indicadores como el SDII, R10, R20, Rx5Day, R99p puede orientar el tipo de cultivo que se pueda tener, la implementación de sistemas de drenaje; y medidas para garantizar el acceso a los alimentos.
R99p	Extremely wet days (Días extremadamente secos)	Estima la tendencia de que se presenten lluvias muy extremas. Es útil para estimar si la lluvia puede provocar daños en los cultivos. Combinado con otros indicadores como el SDII, R10, R20, Rx5Day, R95p puede orientar el tipo de cultivo que se pueda tener, la implementación de sistemas de drenaje; y medidas para garantizar el acceso a los alimentos.
PRCPTOT	Annual total wet-day precipitation (Precipitación total anual en los días húmedos)	Estima la tendencia de que se mantenga la precipitación anual acumulada. Es útil para estimar si la lluvia puede suplir las necesidades hídricas de los cultivos. Combinado con otros indicadores como el SDII, R10, R20, Rx5Day, CWD, R95p, R99p y los otros relacionados a precipitación puede orientar el tipo de cultivo que se pueda tener, la implementación de sistemas de drenaje o riego; y medidas para garantizar el acceso a los alimentos.

B. Índices calculados para la cuenca

El valor de cada uno de los índices se calcula por año, por lo que es posible calcular una tendencia a la que se hace una prueba estadística de significancia. En la tabla 7 se anotan los valores de la tendencia y significancia de cada uno de los 17 índices para los datos de las 5

estaciones meteorológicas del INAMHI analizadas (Paute, Gualaceo, Saraguro, Zaruma y La Argelia-Loja).

Tabla 7.- Resultado del cálculo de tendencias de los índices para las estaciones analizadas. El valor muestra la tasa de cambio y el signo indica si es incremento (signo positivo) o disminución (signo negativo). Los valores marcados con gris a pesar de mostrar tendencia, no son estadísticamente significativos al 25% de confianza. Para el análisis solo se consideran aquellos valores estadísticamente significativos.

		Paute	Gualaceo	Saraguro	Zaruma	La Argelia
	latitud	-2.80	-2.88194	-3.61194	-3.69889	-4.03639
	longitud	-78.76	-	-79.23389	-79.61139	-79.20111
Índice	Unidades	Tendencia de los índices				
su25	días /año	0.788	0.764	0.226	-0.192	0.436
txx	°C/año	0.019	0.004	0.05	0.013	0.06
txn	°C/año	-0.023	0.014	-0.032	0.018	0.023
tnx	°C/año	-0.002	-0.017	0.049	0.001	0.025
tnn	°C/año	0.027	-0.038	-0.085	0.015	-0.005
dtr	°C/año	-0.012	0.013	-0.009	0.002	0.001
rx1day	mm/año	-0.034	-0.128	0.178	0.487	-0.09
rx5day	mm/año	0.197	-0.133	0.722	0.474	0.194
sdi	mm/día/año	-0.005	-0.007	0.008	0.012	0.005
r10mm	días /año	0.101	0.022	0.081	-0.104	0.096
r20mm	días /año	0.044	0.027	0.051	0.088	0.06
R25mm	días /año	-0.006	0.016	0.033	0.087	0.036
cdd	días /año	-0.017	0.102	0.016	0.04	0.028
cwd	días /año	0.013	0.018	0.009	0.091	0.015
r95p	mm/año	0.883	-0.006	1.551	4.526	1.363
r99p	mm/año	-0.04	-0.594	1.151	2.189	0.355
prcptot	mm/año	1.505	0.538	1.483	2.45	2.743

En las siguientes dos figuras (7 y 8) correspondientes a la estación Saraguro, se aprecian dos índices: el primero es el de tardes cálidas y el segundo es el de noches cálidas. En ambos casos se puede establecer que para el período analizado (1965-2011) ha existido una tendencia de incremento en la temperatura del aire.

Figura 7.-Tardes cálidas en la estación Saraguro (1965 – 2011)

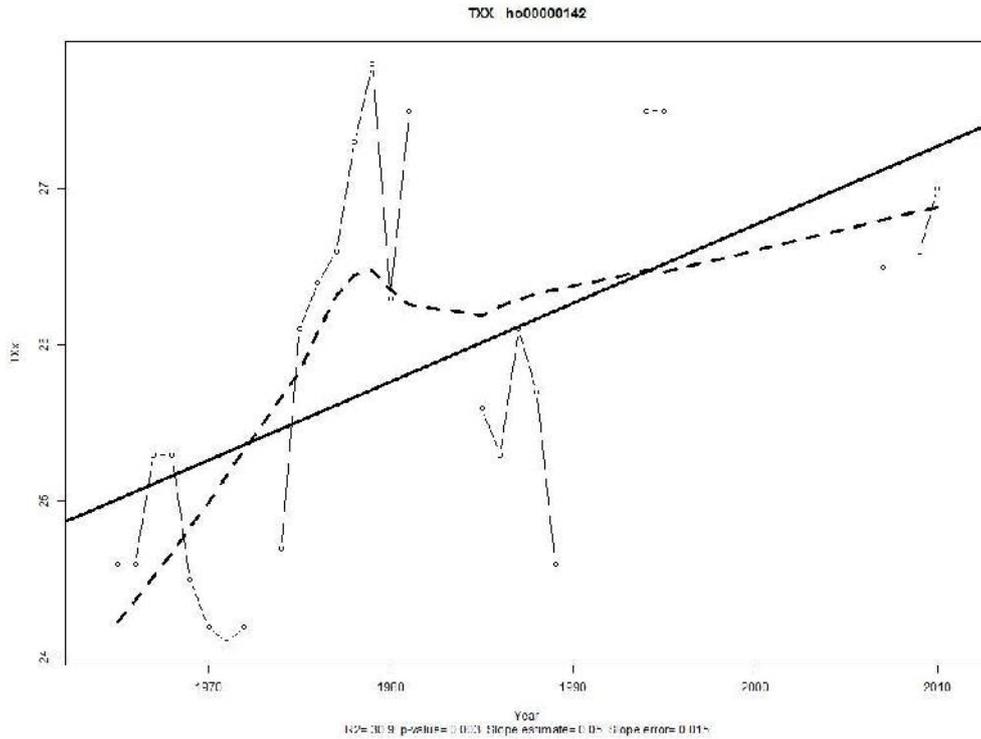
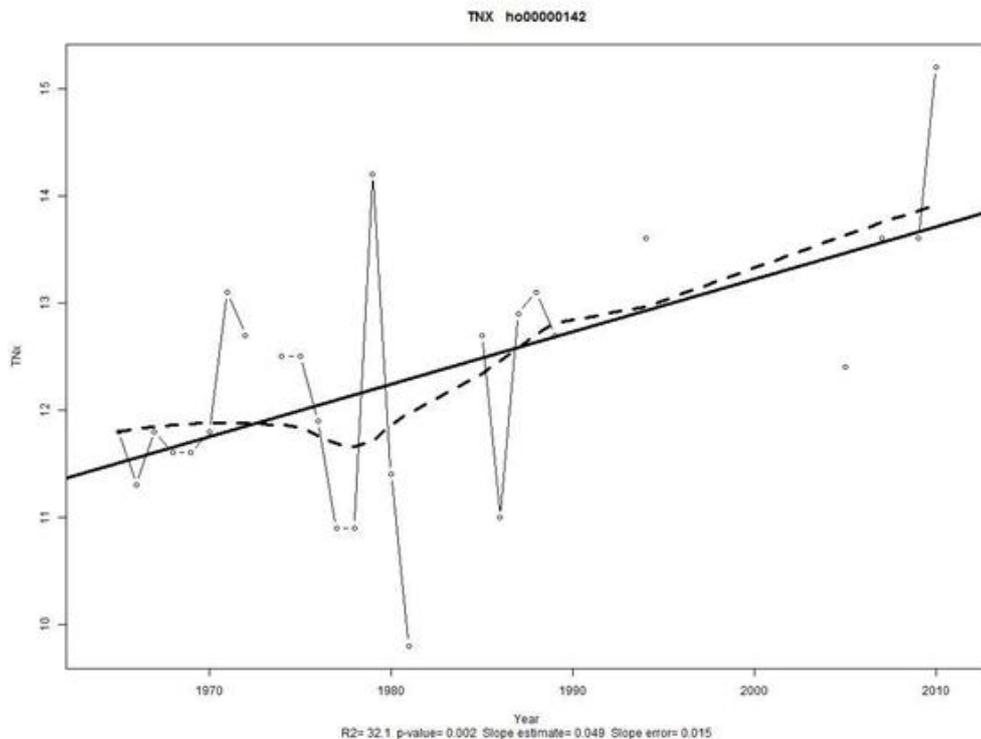


Figura 8.- Noches cálidas en la estación Saraguro (1965 – 2011)



En las siguientes dos figuras (9 y 10) correspondientes a la estación Saraguro y Zaruma, respectivamente, se aprecian los índices de eventos extremos de precipitación. En los dos casos se puede establecer que para el período analizado (1965-2011), ha existido una tendencia de incremento

en la intensidad de las lluvias extremas en ambas estaciones meteorológicas.

Figura 9.- Eventos extremos relacionados con la precipitación en la estación Saraguro (1965 –2011)

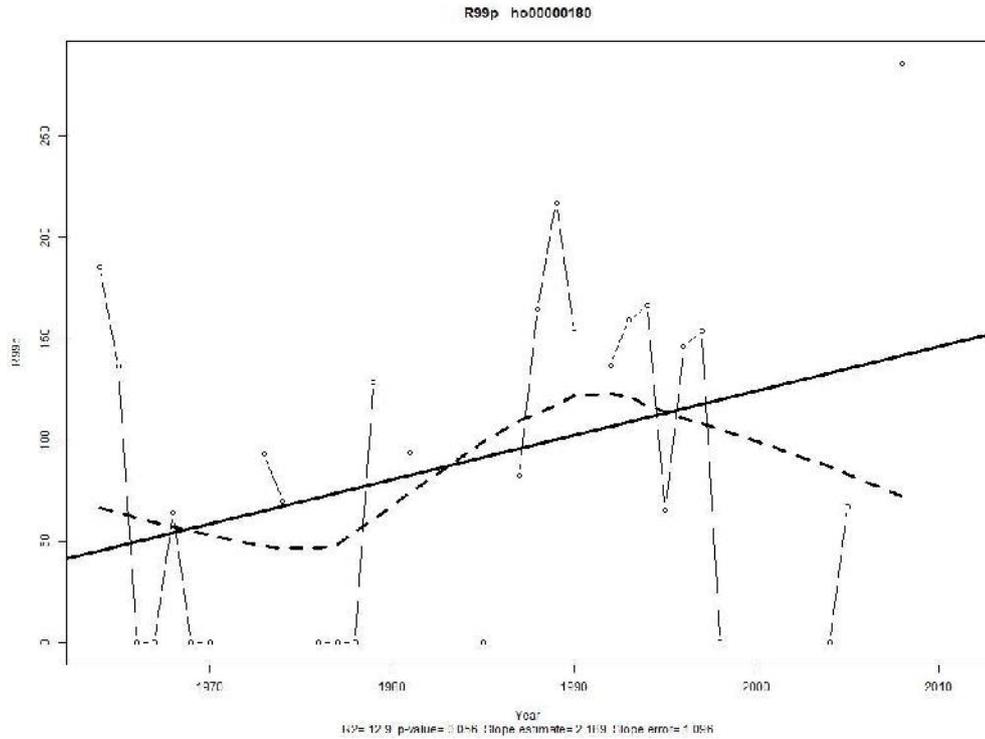
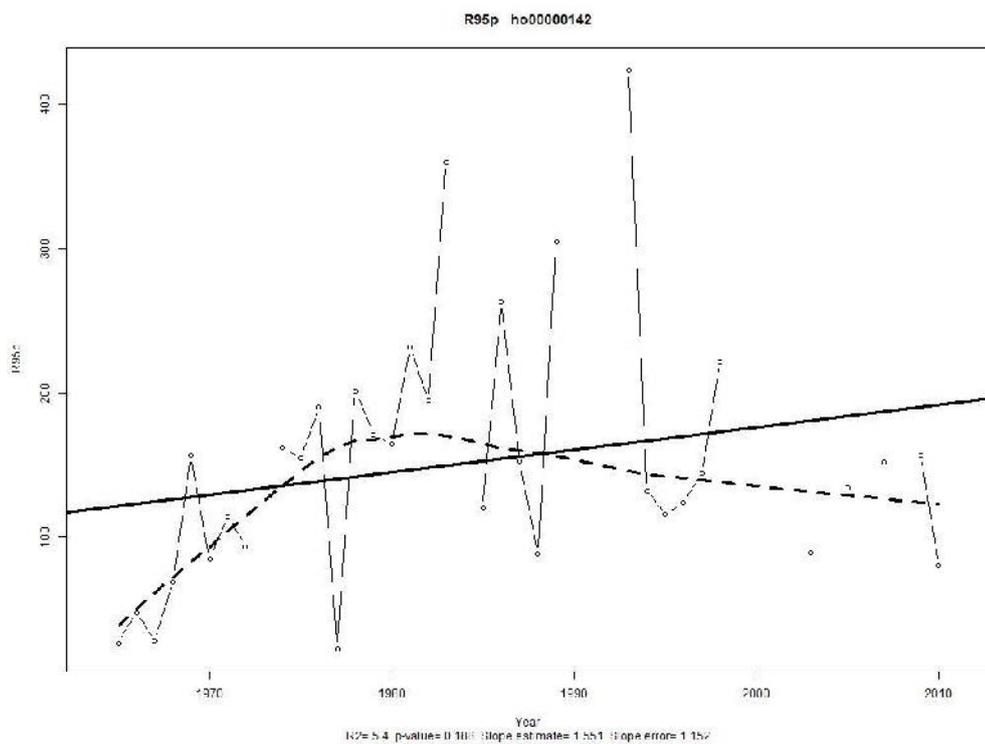


Figura 10 .-Eventos extremos relacionados con la precipitación en la estación Zaruma (1965 – 2011)



C. Análisis de los aspectos relevantes para la cuenca

De acuerdo a estos resultados, a continuación se describe las implicaciones en términos de tendencias de cambio de clima observado durante los últimos 40 años. En la estación de Paute tiende a haber más tardes cálidas pero a la vez también más tardes frías. Esto denota una tendencia a fortalecer los extremos de temperatura: más eventos con tardes cálidas y a la vez más eventos con tardes y noches frías. Esto puede tener implicaciones en cuanto a la disponibilidad de alimentos dependiendo del tipo de cultivos que se desarrollen en la zona y la resistencia que estos tengan a los extremos de temperatura.

Los eventos de precipitación que superan los 10 y los 20 milímetros muestran una tasa de incremento de alrededor de un evento de esa clase por década. Aun cuando la estación de Paute se encuentra fuera de la cuenca, climáticamente representa bien lo que puede estar ocurriendo en la CRJ en similar piso climático. La presencia de estos eventos puede significar un incremento en el riesgo de inundaciones, deslaves o demandar prácticas para ayudar el drenaje del agua de las zonas de cultivo.

En la estación *Gualaceo* se observa una ligera tendencia negativa, la disminución de la temperatura mínima, a razón de medio grado por década. Los demás índices en esta estación no muestran una tendencia significativa. Esto puede significar que se presenten con mayor frecuencia eventos de bajas temperaturas que pueden afectar a ciertos cultivos de la zona e inclusive en casos extremos, podrían significar heladas en las zonas más altas. Esta información puede orientar las prácticas agrícolas de la gente de zonas climáticas similares para evitar pérdidas por temperaturas muy bajas. Aun cuando la estación de Gualaceo se encuentra fuera de la cuenca, climáticamente representa bien lo que puede estar ocurriendo en la CRJ en un similar piso climático.

En la estación Saraguro los eventos de temperatura alta tienden a incrementarse al igual que los eventos de temperatura baja, indicando una tendencia hacia fortalecer los eventos extremos de temperatura. Respecto a las precipitaciones, los índices muestran una tendencia al incremento en cuanto a la cantidad de lluvia y al número de eventos de lluvias extremas. De acuerdo a estos resultados, se estima que las temperaturas extremas, tanto altas como bajas podrían afectar los rendimientos de ciertos cultivos y que estos eventos puedan ser más frecuentes en el futuro. En cuanto a la lluvia, se espera que haya una mayor disponibilidad de agua de lluvia. Por otro lado, un incremento en las lluvias intensas podría afectar tanto los cultivos como la estabilidad de algunas laderas y así comprometer el acceso a alimentos por parte de la población. Esta información

conjugada con la información de vulnerabilidad puede orientar medidas de adaptación para disminuir los impactos por estos eventos extremos.

En la estación Zaruma, la temperatura no muestra tendencias significativas. La lluvia muestra una tendencia al incremento, tanto en cantidad como en número de eventos de lluvias extremas. Esto significaría que habría una mayor disponibilidad de agua de lluvia, sin embargo un incremento en las lluvias intensas que podría afectar tanto a los cultivos como incrementar eventos como deslaves, inundaciones y cierres de vías que comprometerían el acceso y disponibilidad de alimentos para las poblaciones locales. La estación de Zaruma se encuentra muy cerca de la CRJ, por lo tanto los resultados son aplicables en la zona circundante de similar piso climático.

En la estación La Argelia-Loja, la temperatura muestra una tendencia clara al incremento, tanto en las temperaturas máximas como en las mínimas, en el orden de medio grado por década. La lluvia muestra una tendencia al incremento en la cantidad. En esta estación, existe una señal clara de calentamiento pues tanto la temperatura máxima como la mínima han mostrado tendencias al incremento. La disponibilidad de agua de lluvia también muestra señales de incremento. Esta condición parecería favorecer a los cultivos ya que los eventos extremos de temperatura o precipitación no muestran señales de cambio, es decir si bien hay un incremento, no se está presentando en un grado que podría afectar a los cultivos. Esta información podría orientar la selección de especies a cultivar en zonas climáticas similares. La estación de Loja se encuentra lejos de la CRJ, sin embargo es representativa de las condiciones del sur del país y del sur de la cuenca.

D. Conclusiones sobre los índices climáticos respecto a cambio climático y seguridad alimentaria

En conclusión en la cuenca del Río Jubones y su zona de influencia, algunos índices climáticos muestran evidencias de cambio climático, especialmente en relación a variación en la temperatura, a la precipitación y el incremento de lluvias extremas. La temperatura del aire, sobre todo en las tardes, ha mostrado una tendencia a incrementarse. Los incrementos registrados son de poco menos de medio grado en las últimas tres décadas, lo cual podría representar una amenaza para los cultivos de la zona. Las afectaciones se presentarían no solo en los rendimientos sino también por el incremento de plagas y microorganismos que afectarían la calidad de los alimentos producidos, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria en la zona. Por otro lado, cambios en los rangos de temperatura pueden significar también oportunidades para el cultivo de nuevas especies que demanden condiciones más cálidas.

En Gualaceo y Saraguro se ha observado una tendencia de disminución de la temperatura por las noches. Esto, dependiendo de la altura, puede resultar de beneficio porque desfavorece el desarrollo de plagas y microorganismos, sin embargo en ciertos meses del año puede provocar la presencia de heladas con mayor frecuencia y afectar por lo tanto la seguridad alimentaria por disponibilidad de alimentos. Esta tendencia puede llevar a que ciertas variedades que son más tolerantes a temperaturas bajas sean priorizadas por sobre cultivos que son más sensibles.

La precipitación de manera general ha tendido a incrementarse durante el período analizado 1965-2011. Esto tiene efectos positivos en cuanto a que existe mayor provisión de agua comparado con décadas anteriores que permitirían una mejor actividad agrícola y disponibilidad de agua para las poblaciones locales. Sin embargo, también el exceso de humedad podría fomentar la formación de hongos perjudiciales para el rendimiento y la calidad de los cultivos con la consecuente afectación a la disponibilidad de alimentos. Conociendo que hay una tendencia al incremento de precipitación, los actores locales pueden tomar medidas para aprovechar el agua de mejor manera pero también para que el desfogue de la misma se dé de manera adecuada en las zonas de cultivo.

La tendencia que puede significar un mayor riesgo para la seguridad alimentaria de la cuenca es el incremento en lluvias extremas. Éstas no solo que afectarían los cultivos sino que también pueden poner en riesgo la seguridad de las personas y los caminos de acceso. Esta información ayudará a los gobiernos locales a tomar medidas relacionadas con formas de garantizar el flujo del agua por sus cauces naturales, disminuir los riesgos de deslaves y el cierre de caminos. Por otro lado, los agricultores y otros productores podrán tomar medidas que garanticen el drenaje del agua de manera adecuada en las zonas de cultivo.

E. Mecanismo de actualización de la información

Por ser de carácter decadal, la actualización de este tipo de análisis es de mediano plazo por lo que para el visor se la considera fija, por lo tanto esta información se mantendrá sin cambios ni actualizaciones dentro del visor. Cuando nuevas proyecciones se desarrollen, a nivel global, podrán ser colocadas dentro del mismo.

3.1.2.2. Proyecciones climáticas derivadas de modelos numéricos

A. Breve descripción

Este componente se basa en la utilización de resultados de varios modelos de cambio climático combinados con la finalidad de obtener una sola versión promedio del cambio de precipitación y temperatura en las próximas décadas (promedio al 2020-2039). La combinación de los modelos tiene una resolución de 20 Km para un escenario medio (RCP 4.5) de emisiones de GEI.

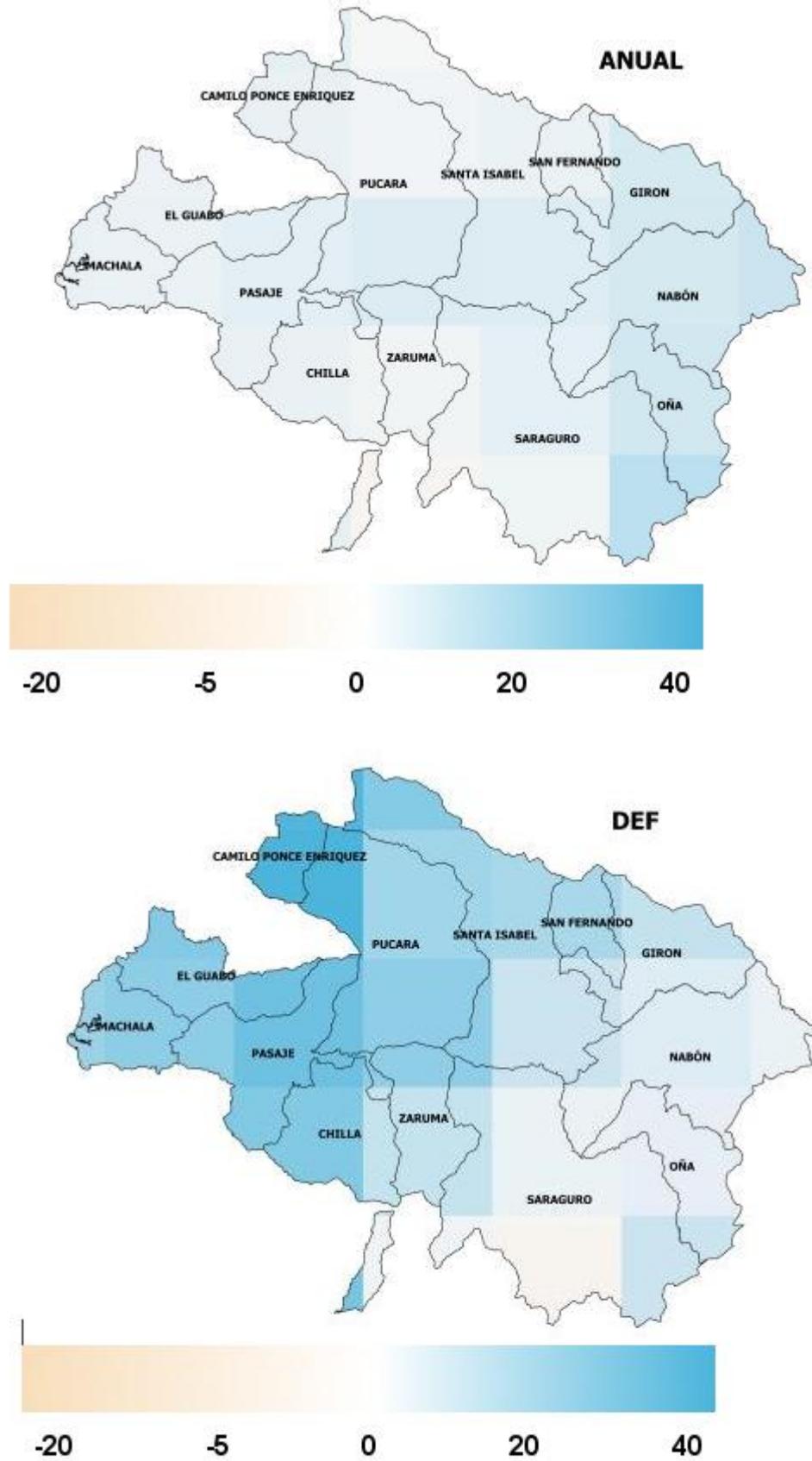
Se elaboraron mapas para el cambio de precipitación en porcentaje y para cambio en la temperatura media del aire. La metodología utilizada así como los modelos utilizados, se describe a detalle en la sección 2.1.

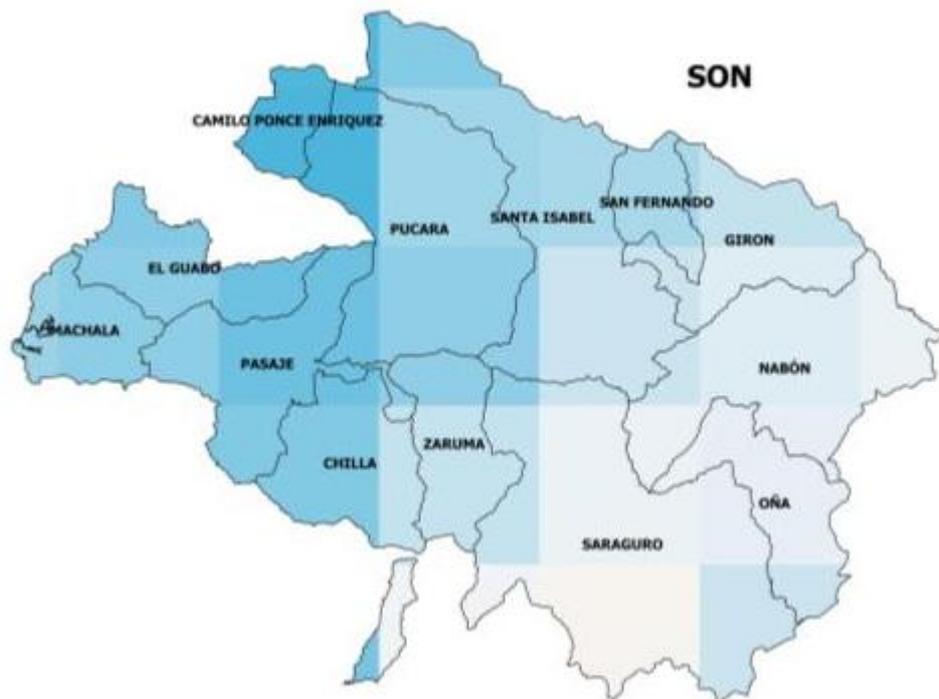
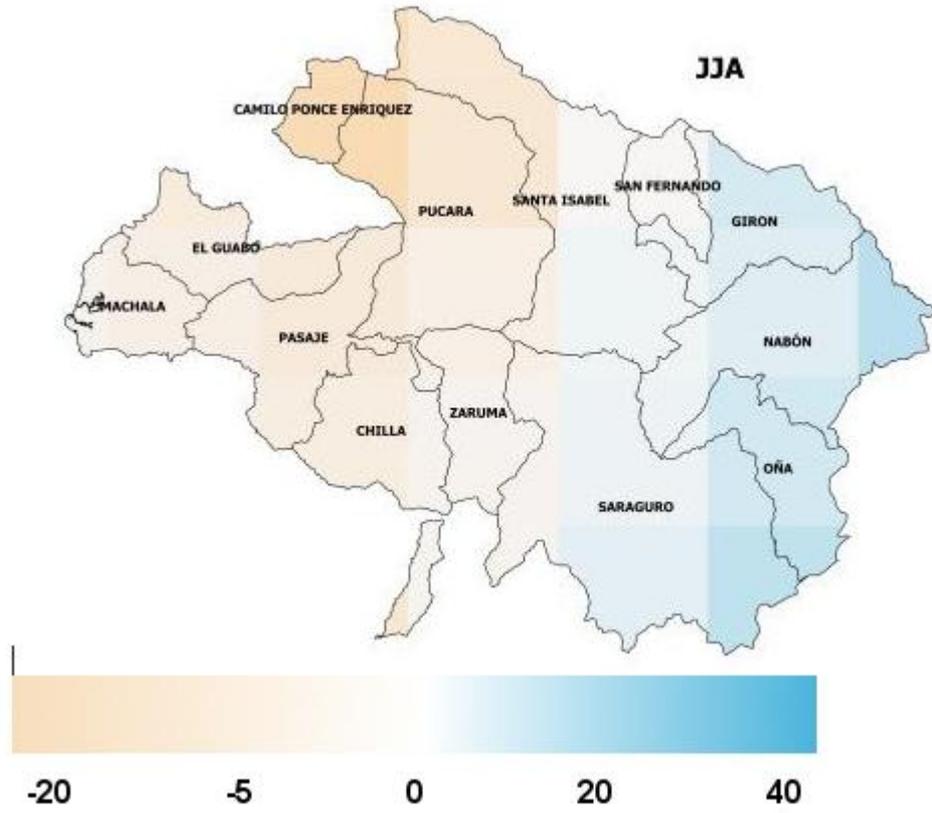
B. Imágenes de los modelos para la cuenca

A continuación se muestran los mapas resultantes con la proyección de cambio de precipitación y temperatura media para la cuenca del río Jubones. Los mapas se presentan para el periodo 2020-2039 de forma anual y trimestral de la siguiente manera: dic-feb (DEF), mar-may (MAM), jun-ago (JJA), sep-nov (SPN).

La escala de colores en los mapas de precipitación representa porcentajes. La escala de colores de los mapas de temperatura representa grados Celsius. La fuente de datos es la combinación de los modelos MRI-AGCM, REMO y 10 modelos del proyecto CMIP5 como ya fue explicado ampliamente en secciones anteriores.

Figura 11.- Cambio de precipitación (escala en porcentaje)





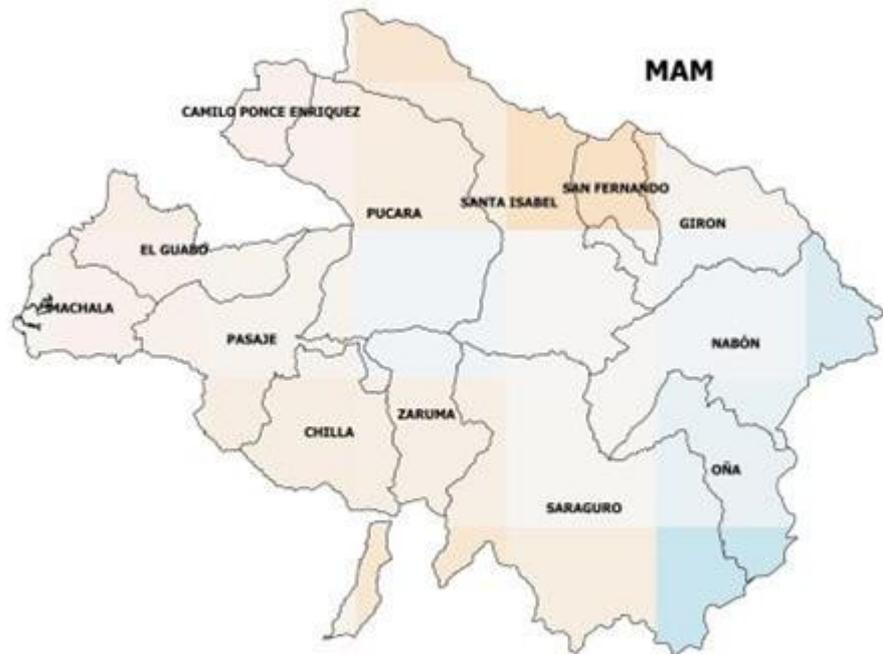
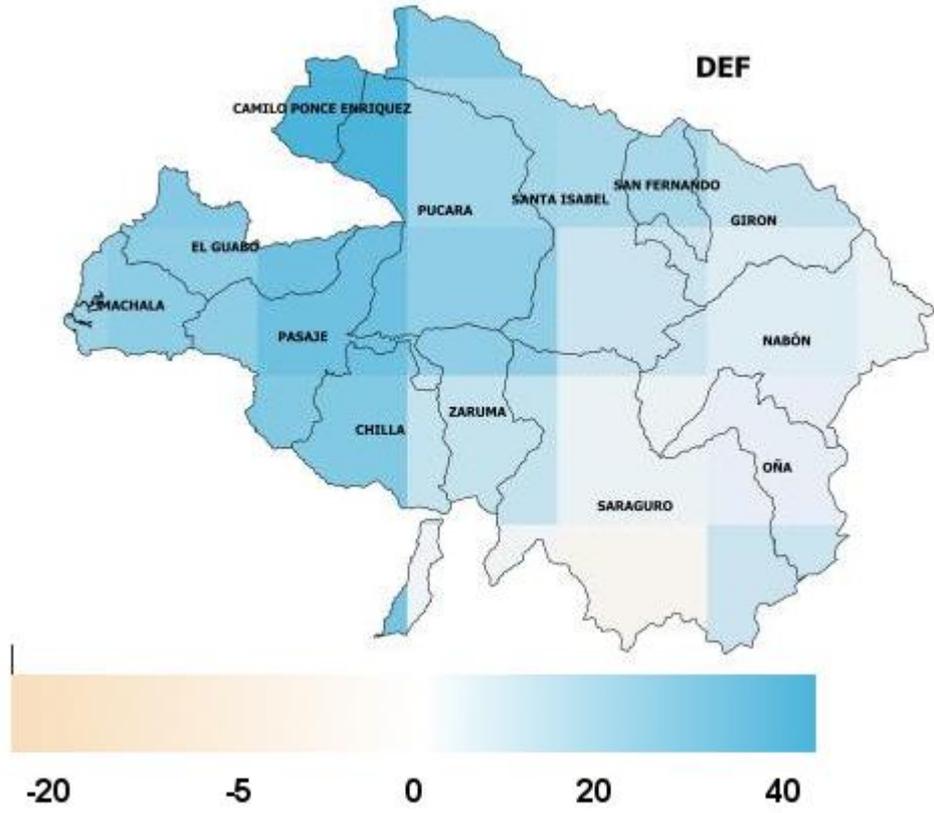
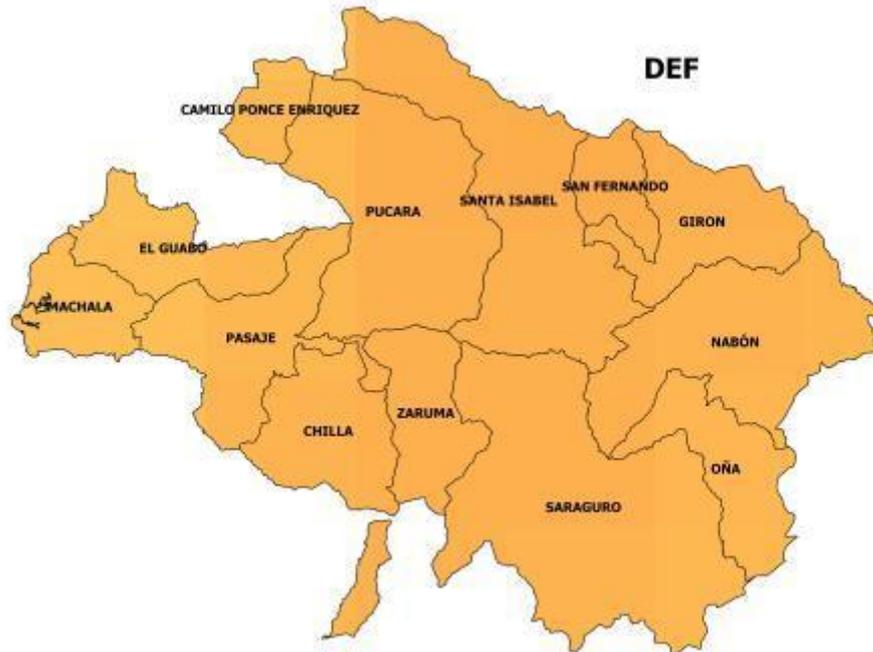
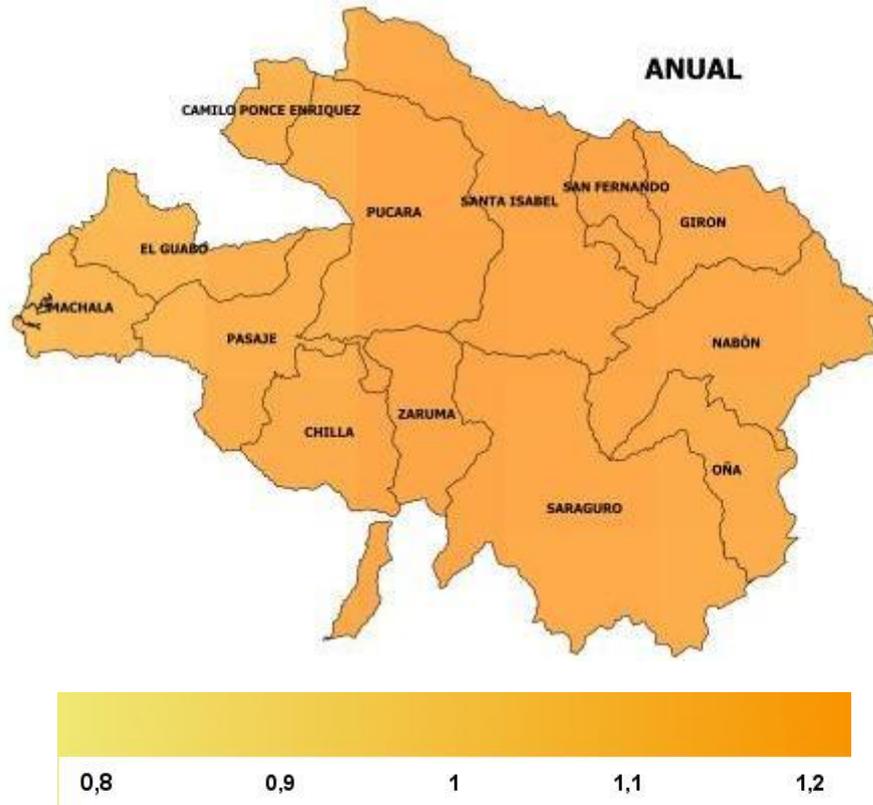
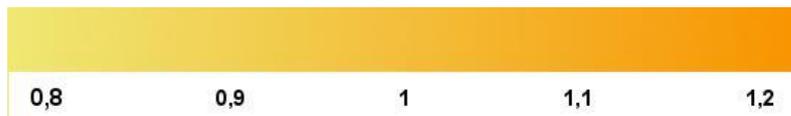
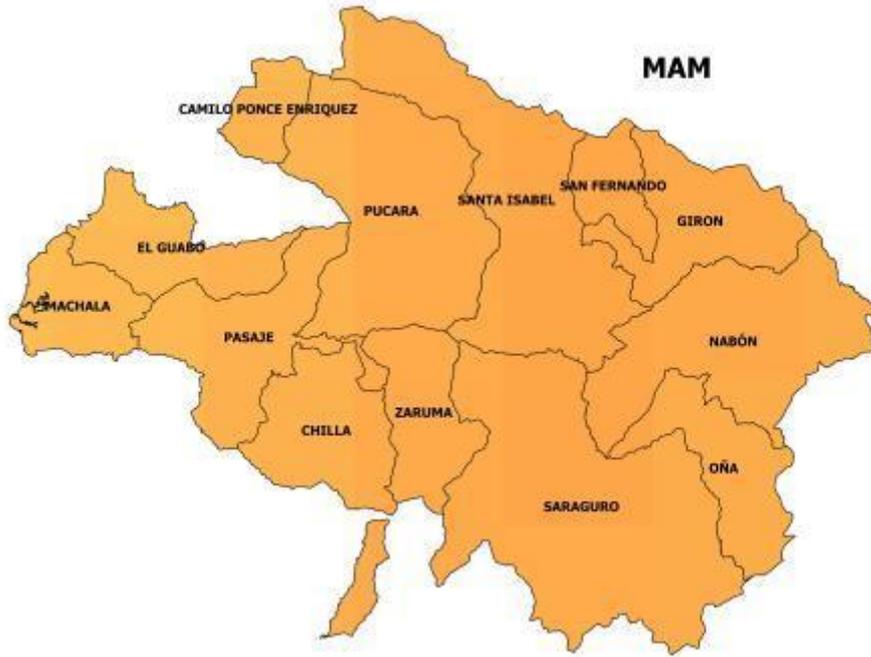


Figura 12.- Cambio de temperatura (escala en grados Celsius)







C. Análisis de los aspectos relevantes para la cuenca

Tabla 8.- Aspectos relevantes de la información de temperatura y su importancia para la cuenca del río Jubones.

Período	Rango de variación (grados Celsius)		Cantones con mayor variación	Implicaciones para la SA
DEF	1.0	1.2	Toda la cuenca presenta una expectativa de rango de variación similar durante todos los trimestres	Incrementos de temperatura puede implicar reducción de la producción en ciertos cultivos en la CRJ por presencia de plagas. Por otro lado puede significar la oportunidad de tener nuevos cultivos que sean más tolerables a las nuevas condiciones.
MAM	1.0	1.2		
JJA	1.0	1.2		
SON	1.0	1.2		

Tabla 9.- Aspectos relevantes de la información de precipitación y su importancia para la cuenca del río Jubones

Período	Rango de variación (porcentaje)		Cantones con mayor variación	Implicaciones para la SA
DEF	+20	+30	Camilo Ponce-Pasaje-Pucará	Aumentos en la precipitación pueden favorecer la agricultura en la CRJ. Por otro lado pueden favorecer la presencia de plagas si es en exceso y no se maneja adecuadamente el drenaje en los cultivos. Puede significar problemas de derrumbes y obstrucción de caminos.
MAM	-5	-10	San Fernando-Santa Isabel	Disminución de la precipitación sumada al aumento de temperatura pueden afectar la producción de alimentos en la región. Orientaría la necesidad de sistemas de riego en situaciones extremas

Período	Rango de variación (porcentaje)		Cantones con mayor variación	Implicaciones para la SA
JJA	-10 +5	-15 +15	Camilo Ponce Nabón-Oña-Girón	Disminución de la precipitación (Camilo Ponce) sumado al aumento de temperatura pueden afectar la producción de alimentos en la CRJ, mientras que el aumento de precipitación (Nabón- Oña y Girón) puede favorecer el desarrollo de plagas y microorganismos
SON	+20	+30	Camilo Ponce- Pasaje-Pucará- Chilla-El Guabo- Machala	Aumentos en la precipitación pueden favorecer la agricultura en la CRJ. Por otro lado pueden favorecer la presencia de plagas.

Los resultados de la combinación de modelos muestra el consenso obtenido por varios modelos de cambio climático, por lo tanto el resultado presentado en este documento es técnicamente robusto ya que no se trata de la visión de un modelo sino del promedio de un grupo de modelos probados a nivel global y que representan de mejor manera la región.

Representan una guía adecuada para toma de decisiones y planificación a mediano y largo plazo para la cuenca debido a que muestra la proyección de cambio de precipitación y temperatura más probable para la CRJ a la mejor resolución posible en la actualidad para este tipo de modelos de cambio climático.

D. Conclusiones sobre los modelos climáticos respecto a cambio climático y seguridad alimentaria

El resultado de la combinación de modelos (detallados en la sección 2.1) muestra que la precipitación total anual de la CRJ presenta una ligera neutralidad de cambio (no se proyectan cambios significativos) para el período 2020-2039 en comparación con el período 1980-2000. Sin embargo, cuando se analiza el cambio por trimestres, se observa que el trimestre DEF (diciembre a febrero), se presentaría más lluvioso que en la actualidad en los cantones Camilo Ponce, Pasaje y Pucará, principalmente. Los incrementos en estos cantones se espera que sean entre el 20 y 30%. En general para este trimestre (DEF) se espera que toda la CRJ tenga

incremento de la precipitación comparado con lo que ocurre en la actualidad para el mismo trimestre. La temperatura del aire se espera que se incremente entre 1 y 1.2°C de manera general en toda la cuenca. Condiciones más húmedas y cálidas pueden perjudicar ciertos cultivos por la presencia de hongos y microorganismos que reducen la producción y calidad de los mismos, con el consecuente impacto en la seguridad alimentaria en la región.

Para el trimestre MAM (marzo a mayo), se espera que la precipitación disminuya ligeramente en porcentaje, especialmente en los cantones San Fernando y Santa Isabel. La temperatura del aire se espera que se incremente entre 1 y 1.2°C de manera general en toda la cuenca. Las condiciones de menor precipitación y aumento de temperatura pueden reducir la producción de ciertos cultivos. En los cantones Nabón, Oña y Girón, se espera un incremento de precipitación en el orden de 5 al 15%, lo que sumado al aumento de temperatura puede provocar la presencia de plagas y microorganismos que pueden reducir la calidad y producción de ciertos cultivos.

En el trimestre JJA (junio a agosto) la precipitación se proyecta que disminuya en el Canto Camilo Ponce Enríquez entre 10 y 15%, lo cual junto con el aumento proyectado de la temperatura del aire, puede provocar el aumento de plagas y microorganismos que pueden perjudicar la producción calidad de los mismos con el consecuente impacto en la seguridad alimentaria en la región.

En el trimestre de septiembre a noviembre se espera un aumento en la precipitación entre el 20 y 30%, en los cantones Camilo Ponce, Pasaje, Pucará, Chilla, El Guabo y Machala, principalmente. La temperatura del aire, al igual que en todos los trimestres se proyecta que se incremente entre 1 y 1.2°C en el futuro (período comprendido entre los años 2020 al 2039). El incremento de humedad del suelo y el incremento de temperatura puede favorecer la formación de hongos y la presencia de microorganismos que podrían afectar la calidad y productividad de ciertos cultivos, lo cual su vez podría tener implicaciones en la seguridad alimentaria en la CRJ. Los datos de esta combinación de modelos se encuentran disponibles para ser utilizados en los análisis de proyecciones de cambio climático de tal manera que permitan inferir los posibles impactos en cuanto a sequías o inundaciones a mediano plazo y por lo tanto permite estimar las posibles amenazas para la seguridad alimentaria en cuanto a disponibilidad de alimentos.

E. Mecanismo de actualización de la información

Por ser de carácter decadal, la actualización de este tipo de análisis es de mediano plazo por lo que para el visor se la considera fija, por lo tanto esta información se mantendría sin cambios ni actualizaciones.

En cuanto las proyecciones se actualicen, éstas podrían ser colocadas en el módulo de monitoreo climático en el visor. Se debe tener en cuenta que las proyecciones del clima futuro presentan incertidumbres propias de los modelos con que son generadas, sin embargo son al momento la mejor proyección del clima futuro con que se cuenta en la actualidad.

3.1.2.3. Registro histórico de eventos extremos (temporal y espacial)

Se realizó una revisión de la base de datos de desastres DesInventar (www.desinventar.org/) sin embargo los daños de desastres y daños encontrados no eran coherentes para ser utilizados para este análisis. Se encontraron reportes de heladas en la zona baja de la cuenca y reportes de daños económicos desproporcionados. La información para la cuenca no es confiable y por eso se ha omitido en este informe.

3.1.3. Alertas que podrá generar este componente

Este componente presenta información sobre los posibles cambios en los promedios de precipitación y temperatura del aire en el período comprendido entre los años 2020 al 2039, comparados con los promedios actuales. Los resultados de los promedios de ambas variables (precipitación y temperatura del aire) se presentan de forma anual y por trimestres. La información de los cambios esperados a largo plazo sirve para la toma de decisiones de planificación y establecimiento de políticas de manejo agrícola y medidas de adaptación de largo plazo.

En zonas donde la precipitación ya es baja, y se registra una disminución aún mayor, esto puede representar riesgos a la seguridad alimentaria al limitar la producción agrícola. La información orientaría a los tomadores de decisión a desarrollar políticas y acciones que apoyen mecanismos y sistemas de riego apropiado que logre suplir la deficiencia de agua.

En zonas donde la precipitación es alta y ya haya problemas de inundaciones o afectaciones a los cultivos por exceso de lluvia, el aumento en la cantidad de agua puede ocasionar problemas a la seguridad alimentaria en varios aspectos. Los cultivos pueden verse afectados por presencia de plagas; los caminos pueden cortarse por desborde de ríos, inundaciones, problemas en el sistema de drenaje, lo que podría desembocar en dificultades para acceder a los productos.

La información de este módulo brinda importantes herramientas a los tomadores de decisión para poder trabajar en medidas que reduzcan el posible



impacto de estas condiciones como pueden ser la limpieza de los cursos de los ríos, sistema de drenaje apropiados; inclusive puede orientar el tipo de cultivos que se pueden tener en las diferentes regiones y las épocas de las diferentes prácticas culturales para los cultivos.

3.2. Componente de Predicción estacional

El componente de predicción estacional dentro del módulo de clima, expone las condiciones climáticas de precipitación y temperatura del aire en escala trimestral y se basa en pronósticos estadísticos y de modelos climáticos tanto de centros mundiales de pronóstico como del INAMHI.

3.2.1. Principales características del componente

Las principales características de este componente son:

- La escala de tiempo de los pronósticos es trimestral.
- La información de pronósticos de precipitación y temperatura se actualiza cada mes con el pronóstico para el trimestre.
- Se utilizan fuentes de información de centros mundiales de pronóstico como el Centro Europeo para Predicción a Mediano Plazo, el Centro de Investigaciones Espaciales de Brasil y la Administración Nacional del Océano y la Atmósfera de los Estados Unidos, y del INAMHI, a nivel nacional.

La finalidad de este componente es brindar el pronóstico de probabilidades de ocurrencia de precipitación y temperatura para el trimestre. Dentro del contexto del SAGRC se utiliza esta información para establecer medidas para aprovechar o enfrentar los posibles efectos de las condiciones climáticas de temperatura y precipitación sobre los cultivos en la cuenca.

3.2.2. Información que incluye este componente

Este componente incluye la siguiente información:

- Predicción de precipitación y temperatura hasta 12 meses.
- Predicción de precipitación y temperatura del INAMHI.

A continuación se presenta los detalles de este componente:

3.2.2.1. Predicciones climáticas de precipitación y temperatura máxima derivada de modelos globales (ECMWF, CFS y ETA), hasta 12 meses.

A. Breve descripción

Este componente se basa en la presentación de los pronósticos trimestrales de clima para Sudamérica obtenida con modelos climáticos (modelos ECMWF, CFS y ETA). Estos modelos son actualizados

mensualmente y presentan el pronóstico para el próximo trimestre de precipitación y temperatura.

Estos son resultados de modelos numéricos de alta calidad, por lo que se ha decidido colocarlos en el visor aun cuando la escala es a nivel de Sudamérica. Brindan buena orientación para establecer las condiciones de precipitación y temperatura más probables en el trimestre.

B. Figuras de los modelos climáticos que se incluyen en el visor

*Figura 13.-
Modelo ETA*

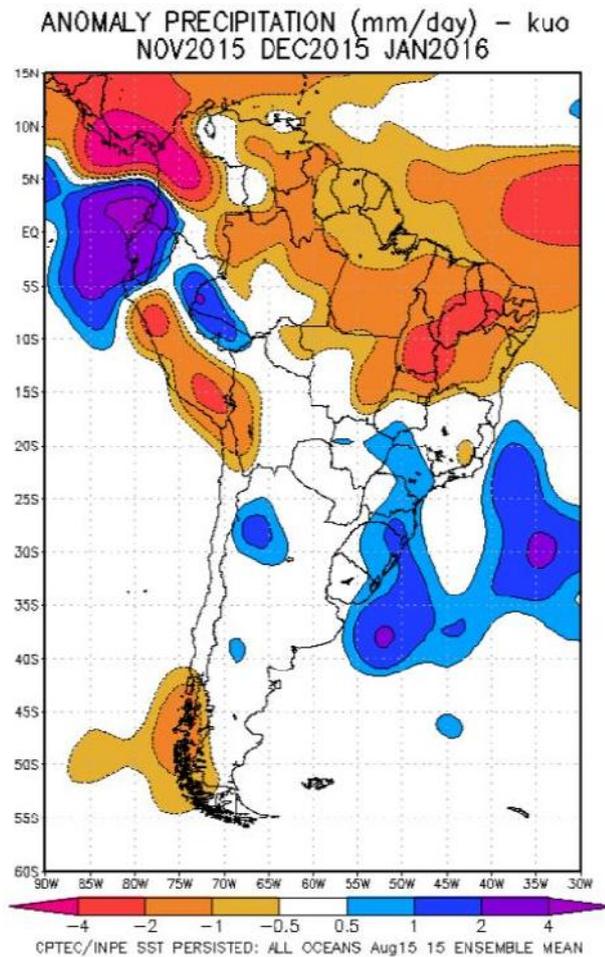


Figura 14.- Modelo ECMWF

ECMWF Seasonal Forecast
 Prob(most likely category of precipitation)
 Forecast start reference is 01.03/16
 Ensemble size = 51, climate size = 450

System 4
 AMJ 2016

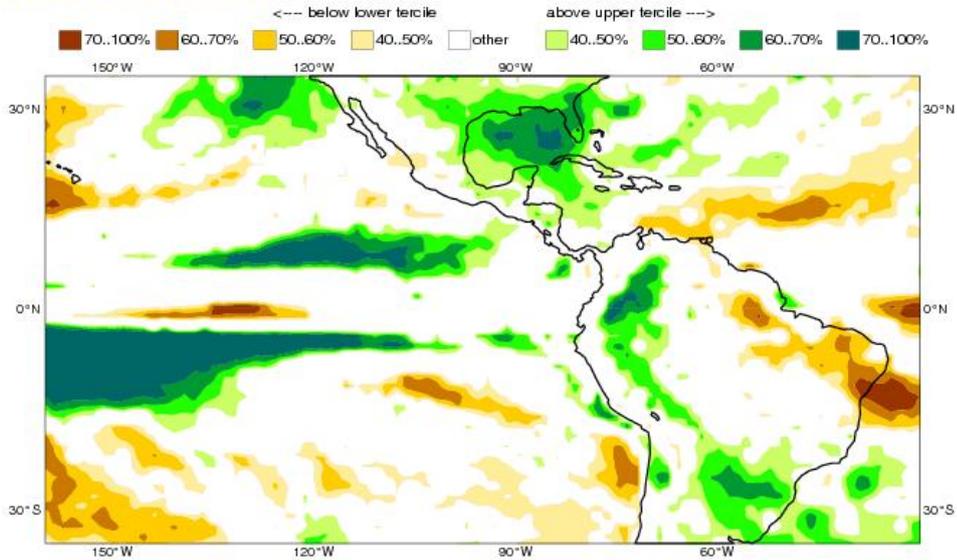
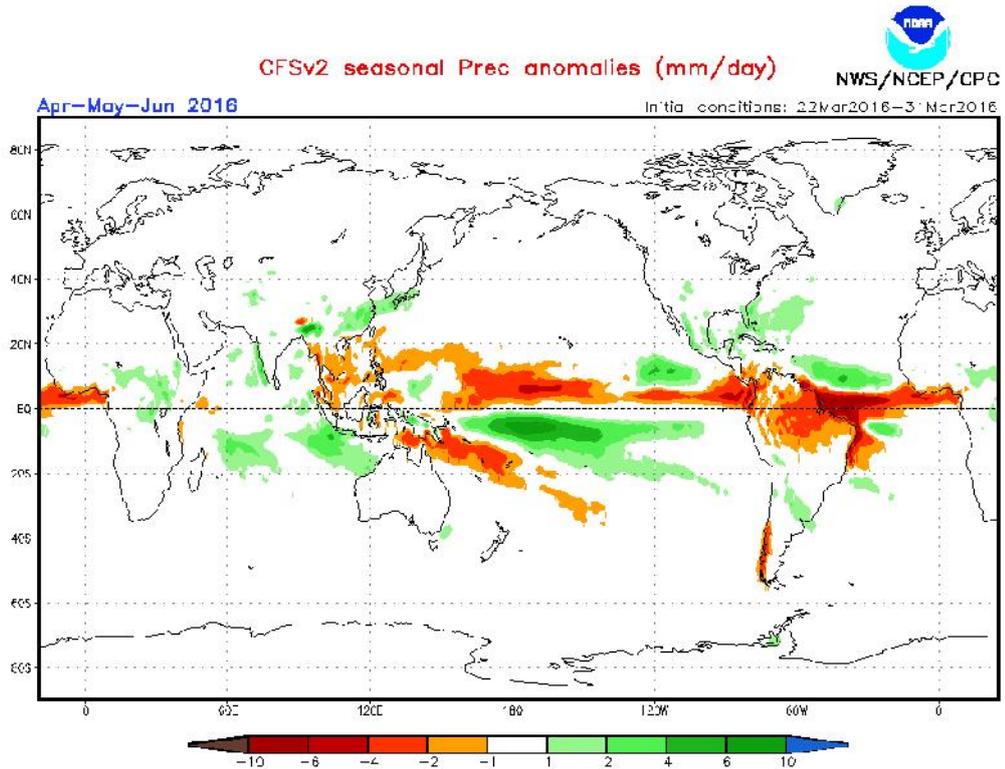


Figura 15.- Modelo GFS



C. Análisis de los aspectos relevantes para la cuenca

Todos estos modelos son de alta calidad y probados a nivel mundial y brindan información sobre el escenario más probable de precipitación y temperatura para el trimestre. Son imágenes globales y de Sudamérica sin embargo, brindan el panorama regional sobre las probables condiciones climáticas predominantes en la región. Por ejemplo, condiciones secas predominantes a nivel regional, necesariamente tendrán un efecto sobre la precipitación en la cuenca provocando también condiciones secas. El usuario debe tomar en cuenta que todos los pronósticos tienen un nivel de incertidumbre, por lo tanto se recomienda consultar varias fuentes, ésta es otra de las razones para presentar imágenes de fuentes diferentes.

Los pronósticos se presentan como probabilidad de ocurrencia de cualquiera de los escenarios, sobre lo normal, normal y bajo lo normal o también como condiciones secas (generalmente representada con tonos rojos o marrones) o condiciones lluviosas (generalmente representada con tonos verdes).

Cada uno de los rangos, normal, sobre lo normal y bajo lo normal, dependen de los registros, tanto de precipitación como de temperatura que se tienen en cada estación meteorológica. El rango sobre lo normal se calcula organizando el tercio de los registros más altos de lluvia (o temperatura) y estableciendo esto como límite para dicho rango; es decir en el rango sobre lo normal se encuentra un tercio de los valores más altos de precipitación. El rango bajo lo normal se calcula organizando el tercio de los registros más bajos de lluvia (o temperatura) y estableciendo esto como límite para dicho rango, es decir en el rango bajo lo normal se encuentra un tercio de los valores más bajos de precipitación. En el rango normal se ubica el tercio de valores que no es el tercio de valores más altos ni más bajos. Es decir que todos los rangos (sobre lo normal, normal y bajo lo normal) contienen un tercio de todos los registros de cada estación meteorológica. Por lo tanto los límites para cada rango dependen de los registros meteorológicos de cada estación. Por ejemplo, los rangos para la estación Saraguro no son los mismos que los de la estación Machala.

D. Conclusiones con respecto a la seguridad alimentaria

Este tipo de información provee un panorama general sobre las condiciones climáticas más probables en el trimestre. Este tipo de información no está orientada a cambio climático sino a la variabilidad climática, es decir a aquellos procesos en el clima que ocurren en escala de meses y constituyen, por lo tanto, el núcleo central del módulo de clima.

Éste provee la información necesaria para el desarrollo de las actividades agrícolas y, por lo tanto, se utiliza para la toma de decisiones en temas de seguridad alimentaria en cuanto a la producción agropecuaria que tiene relación con la disponibilidad de alimentos.

E. Mecanismo de actualización de la información

Esta información se actualiza de forma automática con una frecuencia mensual durante los primeros cinco días de cada mes. El visor está diseñado para que esta actualización se refleje automáticamente en él.

3.2.2.2. Predicciones estacionales numéricas y estadísticas realizadas por el INAMHI.

A. Breve descripción

Este componente se basa en la presentación de los pronósticos trimestrales de precipitación y temperatura para Ecuador y para la cuenca del río Jubones elaborado por el INAMHI obtenida con modelos climáticos. Estos modelos son actualizados mensualmente y presentan el pronóstico para el próximo trimestre.

Los pronósticos elaborados con los modelos son de dos características diferentes:

- Predicciones numéricas (modelos dinámicos)
- Predicciones estadísticas (modelos estadísticos)

Los pronósticos dinámicos son elaborados a partir de las ecuaciones que representan los procesos físicos que ocurren en la atmósfera. El INAMHI ha configurado el modelo dinámico Weather Research and Forecasting Model (WRF) en versión clima.

Los pronósticos estadísticos son elaborados a partir de registros de datos del pasado de una variable que se quiere pronosticar y otra que actúa como pronosticadora. Es decir se busca una relación entre ambas variables, generalmente la precipitación (o temperatura) como la variable que se desea pronosticar y la temperatura del mar (o alguna otra) como variable que sirve para pronosticar. Una vez encontrada la relación y conociendo el comportamiento de la variable que sirve de pronosticadora se puede estimar el valor que puede tener la variable de interés en un período generalmente de 1 mes a 3 meses.

Los modelos estadísticos tienen la limitante que se refieren solo a las estaciones meteorológicas donde se encuentran los datos, sin embargo

Figura 17.- Pronóstico de temperatura máxima del modelo CPT para el trimestre Septiembre-Octubre/2015 en el Ecuador.
Fuente: INAMHI

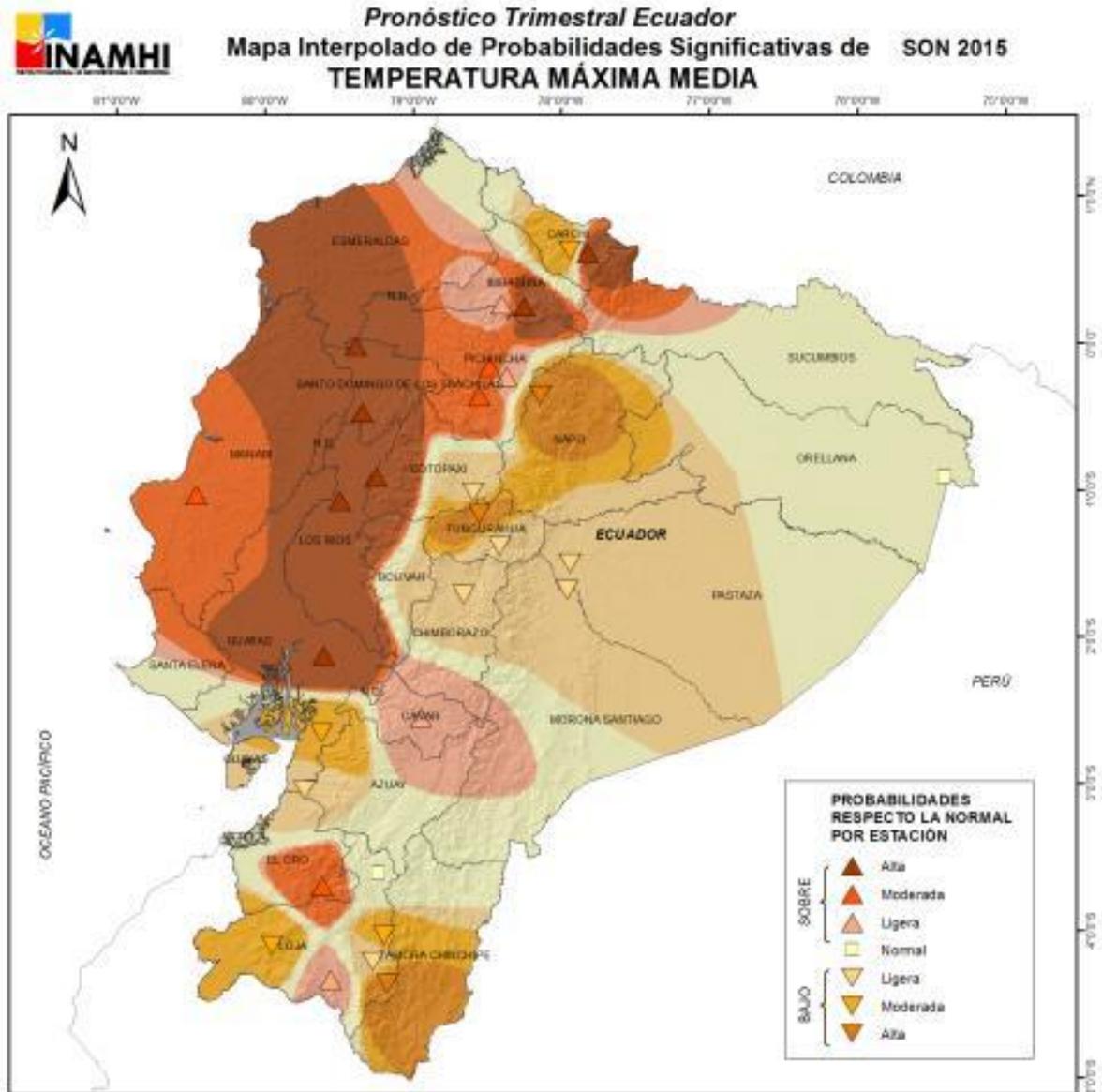
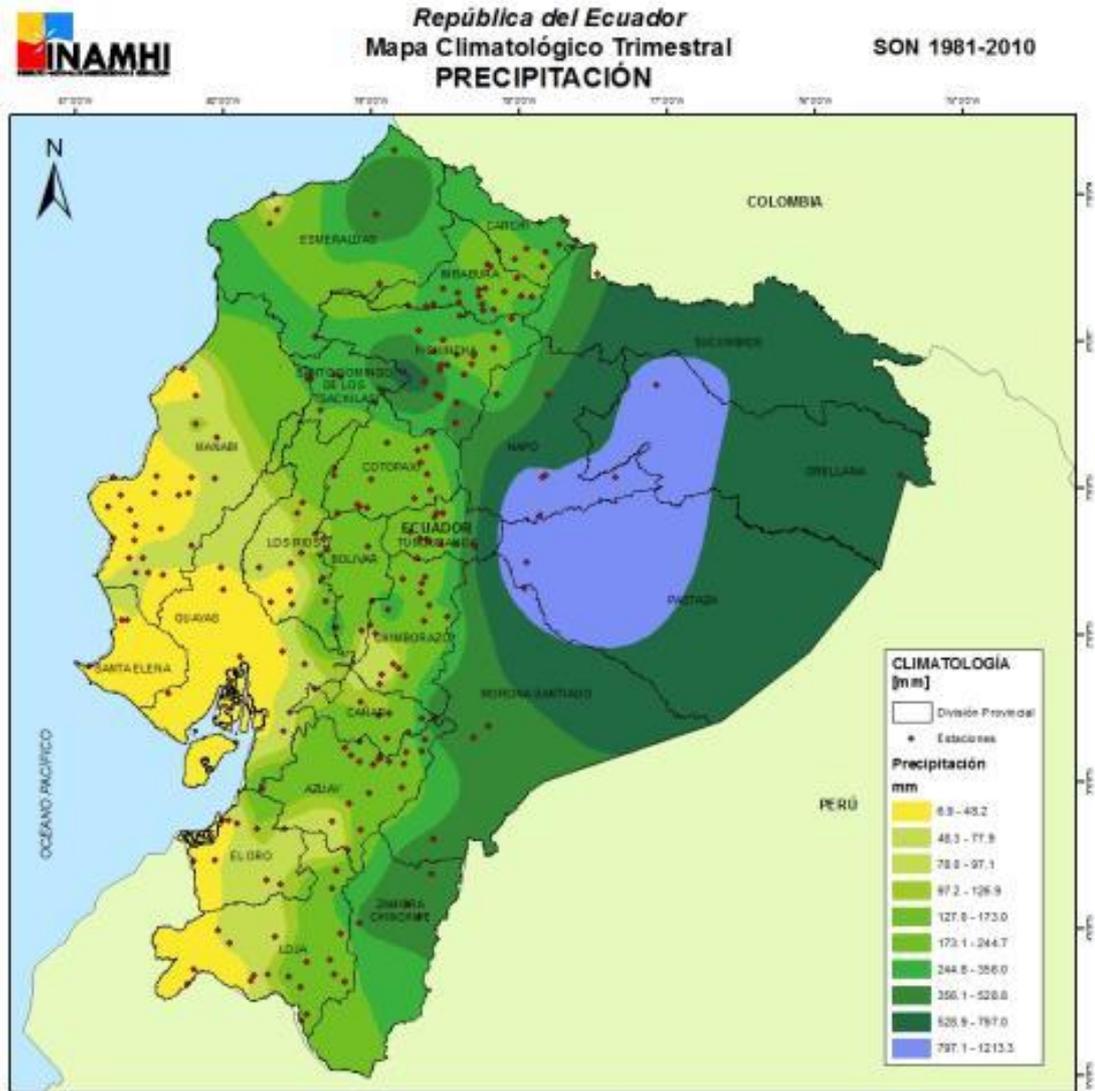


Figura 19.- Valores normales de precipitación en Ecuador para el trimestre septiembre- octubre elaborado con el período de referencia 1981-2010. Fuente: INAMHI.



C. Análisis de los aspectos relevantes para la cuenca

El pronóstico estacional (3 meses a futuro) es la parte central de la información para el componente de clima y será colocado en el visor con el valor de probabilidad de ocurrencia de cada variable pronosticada (precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima) en cada punto de estación meteorológica. La probabilidad será colocada en colores de la siguiente manera:

- Probabilidad bajo lo normal en naranja
- Probabilidad normal en azul claro.
- Probabilidad sobre lo normal en verde.

Estos valores serán acompañados de los milímetros de lluvia que representa cada categoría (grados Celsius en el caso de temperatura) de tal forma que sirva de guía a los usuarios.

Los pronósticos se presentan como probabilidad de ocurrencia de cualquiera de los escenarios, sobre lo normal, normal y bajo o normal o también como condiciones secas (generalmente representada con tonos rojos o marrones) o condiciones lluviosas (generalmente representada con tonos verdes).

D. Conclusiones con respecto a la seguridad alimentaria

Las predicciones estacionales proveen un panorama concreto a nivel nacional y de la cuenca sobre las condiciones climáticas más probables en el trimestre en cuanto a precipitación y temperatura. Este tipo de pronóstico no está orientado a cambio climático sino a la variabilidad climática, es decir a aquellos procesos en el clima que ocurren en escala de meses y constituyen, por lo tanto, el núcleo central del módulo de clima.

Se provee la información necesaria para el desarrollo de las actividades agrícolas y por lo tanto se utiliza para la toma de decisiones en temas de seguridad alimentaria en cuanto a la disponibilidad de alimentos.

E. Mecanismo de actualización de la información

Esta información se actualiza de forma automática con una frecuencia mensual durante los primeros quince días de cada mes. El visor ha sido diseñado para que automáticamente reciba esta información.

3.2.3. Alertas que podrá generar este componente

Este componente es el eje central del sistema de alerta temprana para la cuenca del río Jubones porque se refiere a la escala trimestral, que es a la que apunta este sistema y en la que las actividades agrícolas se desarrollan. La información se dará en términos de probabilidad de ocurrencia de precipitación y temperatura del aire en varias categorías, alto, moderado, ligero y normal tanto para exceso como para déficit de precipitación y de temperatura. Los mapas son generados para el trimestre siguiente y en todos ellos el usuario puede consultar el escenario más probable de precipitación y temperatura del aire. Este tipo de información junto con la experiencia en el manejo de cultivos permitirá a los usuarios tomar las medidas pertinentes, basado en los escenarios probables de estas variables.

En el siguiente mapa por ejemplo, el usuario puede observar que para la CRJ para el período de septiembre a noviembre 2015 (asumiendo que estamos agosto 2015 a manera de este ejemplo) la temperatura media es más probable que se presente moderada y ligeramente bajo lo normal en la cuenca media y baja respectivamente y moderadamente por encima de lo normal en la cuenca alta. El usuario contará como referencia en el visor con los mapas climatológicos mensuales generados por el INAMHI.

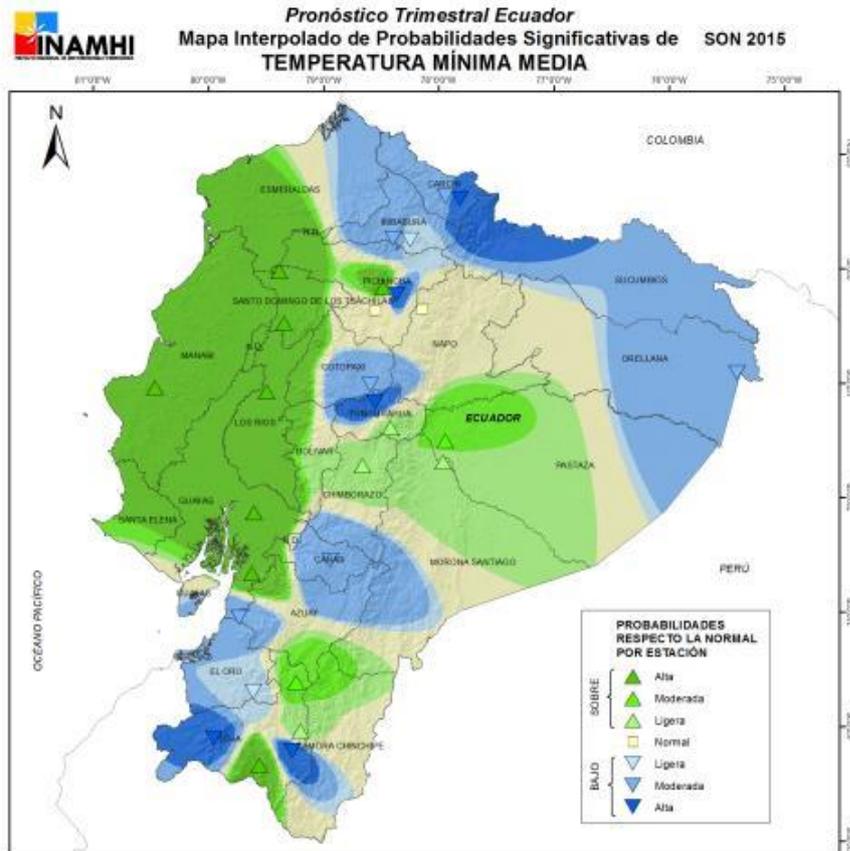


Figura 19.- Pronóstico trimestral de temperatura mínima media

La información de este módulo será la que se analice en la MTT6 (Mesa de Trabajo en Seguridad Alimentaria) para emitir los boletines trimestrales. Si la información que se tenga en las predicciones estacionales reportan la presencia de eventos extremos, de sequías o exceso de lluvia, por ejemplo, serán motivo suficiente para que se convoque a la reunión de la MTT6 y se analice la situación. Conjugando la información climática con la información de vulnerabilidad y con el aporte de los actores locales se podrán generar las recomendaciones necesarias para prevenir pérdidas en el sector agrícola o tomar oportunidad de condiciones ventajosas que se den en el territorio. Este análisis también podrá ser llevado a cabo por los tomadores de decisión o actores locales ya que la información estará presente en el visor que está diseñado para funcionar de manera amigable con el usuario.

Toda esta información estará a disposición de los miembros de las MTT6 cuyo Secretaría Técnica estará a cargo de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgo. Las alertas utilizando la información del módulo de monitoreo climático y de vulnerabilidad serán el resultado del análisis hecho por la MTT6 y solo podrán ser emitidas por el ente competente: la Secretaría de Gestión de Riesgos.

3.3. Monitoreo climático

El componente de monitoreo de clima muestra los boletines de análisis sobre las posibles condiciones del clima a nivel regional y nacional. Estos análisis se presentan en forma de texto acompañados de imágenes y son elaborados por los centros internacionales de alerta climática y por el INAMHI a nivel nacional.

3.3.1. Principales características del componente

Las principales características de este componente son:

- La escala de tiempo de los pronósticos es trimestral.
- La información se actualiza cada mes con el pronóstico para el trimestre.
- Se utilizan fuentes de información de centros mundiales de pronóstico y del INAMHI.

La finalidad de este componente es la de brindar el pronóstico de probabilidades de precipitación y temperatura para el trimestre en forma de texto. Generalmente incluyen un análisis de las probabilidades de desarrollo de eventos El Niño o La Niña y su posible afectación a nivel regional.

Dentro del contexto del SAGRC, se utiliza esta información junto con la de predicción estacional para establecer medidas para aprovechar o enfrentar los posibles efectos de las condiciones climáticas sobre los cultivos en la cuenca. El usuario, además de los mapas con los pronósticos de precipitación y temperatura mostrados por categorías, cuenta con esta fuente de información a manera de texto, que presenta una interpretación de los pronósticos.

Estos boletines, junto con los mapas de pronósticos y la información de vulnerabilidad son los insumos clave para que la mesa de trabajo MTT6 elabore un boletín orientado a las necesidades específicas de información para las actividades agrícolas en la CRJ. Las alertas se emitirán por parte de la Secretaría de Gestión de Riesgo, quien tiene la competencia para hacerlo, cuando las conclusiones del análisis en el seno de la MTT6 así lo demanden.

3.3.2. Información que incluye este componente

Este componente incluye boletines de análisis de las posibles condiciones climáticas para el próximo trimestre. Se incluyen boletines de diversos centros internacionales y del INAMHI a nivel nacional. A continuación se describen las características y la fuente de donde son obtenidos cada uno de los boletines.

3.3.2.1. Boletines de monitoreo climático

A. Breve descripción

Existen varias fuentes a nivel global sobre análisis del ENSO (El Niño Southern Oscillation), término que se utiliza para referirse tanto al evento El Niño como a la Niña y las condiciones neutrales. Estas fuentes elaboran pronunciamientos operacionales (sin interrupción) sobre el ENSO a escala global y regional (CIIFEN). Todas estas fuentes serán colocadas en el visor como fuentes de referencia e información para alertas climáticas. En la siguiente sección se incluye un listado de los boletines que se incluyen en el módulo de monitoreo del clima en el visor, los link de acceso y su posible utilidad para el SAGRC.

B. Boletines que se incluyen para la cuenca

Boletines para el monitoreo del ENSO

Tabla 9.- Boletines con información para el monitoreo del ENSO

Fuente de información	Acceso / link	Utilidad para los fines del SAGRC
El Niño Oscilación del Sur, evolución y perspectivas, CIIFEN	http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=78&Itemid=95&lang=es	Describe las probabilidades de desarrollo de eventos El Niño o La Niña. En términos del SAGRC es útil para establecer si las lluvias se verán favorecidas o no con la presencia de estos eventos. No es muy aplicable para estimar condiciones de temperatura.
Climate diagnostics bulletin, NOAA	http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/CDB/	Describe las probabilidades de desarrollo de eventos El Niño o La Niña y las implicaciones de esto sobre el clima a nivel global. En términos del SAGRC es útil para establecer si las lluvias se verán favorecidas o no con la presencia de estos eventos.
ENSO Wrap-up, BoM	http://www.bom.gov.au/climate/enso/	Describe las probabilidades de desarrollo de eventos El Niño o La Niña y las implicaciones de esto sobre el clima a nivel global. En términos del SAGRC es útil para establecer si las lluvias se verán favorecidas o no con la presencia de estos eventos.

WMO El Niño/La Niña update, OMM	http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcasp/enso_update_latest.html	Describe las probabilidades de desarrollo de eventos El Niño o La Niña y las implicaciones de esto sobre el clima a nivel global. En términos del SAGRC es útil para establecer si las lluvias se verán favorecidas o no con la presencia de estos eventos.
Análisis del Pacífico Oriental, CIIFEN	http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=64&Itemid=71&lang=es	Describe el comportamiento y la evolución de las condiciones oceánicas y cómo éstas pueden influir en la lluvia y temperatura de la región. En términos del SAGRC es útil para estimar si las condiciones oceánicas favorecen o no la presencia de lluvias y cómo afectan a la temperatura del aire.

Boletines de alerta climática del INAMHI

El INAMHI publica en su página web, la sección de Boletines, Avisos y Alertas, que será replicada en la plataforma de información (visor).

Tabla 10.- Boletines de alerta climática del INAMHI

Fuente	Acceso	Utilidad para los fines del SAT
INAMHI	http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologicos/	Describe las condiciones de precipitación y temperatura más probable a nivel nacional. En términos del SAGRC es útil porque este boletín brinda alertas sobre las posibilidades de lluvias y temperatura extremas con mapas a nivel nacional donde se puede apreciar la región de la CRJ.

Monitoreo de sequía (SPEI)

Existen varias fuentes para el monitoreo del Standard Precipitation and Evapotranspiration Index (SPEI), las cuales serán replicadas en el visor. El SPEI del CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España) es una plataforma automática que contiene varias opciones (herramientas) para que se pueda analizar el mapa. La que se muestra en el CRC-OSA (Centro Regional del Clima para el Oeste de Sudamérica) es una imagen regional del SPI (Standard Precipitation Index). La diferencia entre ambas es que la primera incluye, además de precipitación, la evapotranspiración, lo cual puede aportar con mejores resultados a la hora de analizar la persistencia de las sequías.

Tabla 11.- Fuentes de información para el monitoreo de sequía (SPEI)

Fuente	Acceso	Utilidad para los fines del SAT
Monitor de Sequía Global, CSIC	http://sac.csic.es/spei/map/maps.html	Estos índices monitorean las condiciones de persistencia de déficit de precipitaciones. Es decir que puede monitorear que tan severo es el déficit de la precipitación considerando también el efecto de la
		temperatura del aire al provocar mayor o menor evaporación y, por lo tanto, aportando o desfavoreciendo el nivel de sequía en determinada región. En términos del SAT es útil para estimar la persistencia de las condiciones de sequía en caso de que estas estén presentes.
Índice de precipitación estandarizado, CRC- OSA	http://croc-osa.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=article&id=155&Itemid=511	Estos índices monitorean las condiciones de persistencia de déficit de precipitaciones. Es decir que puede monitorear que tan severo es el déficit de la precipitación. En términos del SAT es útil para estimar la persistencia de las condiciones de sequía en caso de que estas estén presentes.

C. Conclusiones con respecto a la seguridad alimentaria

Los boletines para el monitoreo de sequía, al igual que los del ENSO, proveen un análisis sobre las condiciones climáticas más probables en el trimestre. Este tipo de información no está orientada a cambio climático sino a la variabilidad climática, es decir a aquellos procesos en el clima que ocurren en escala de meses.

Al igual que los otros boletines de esta sección brindan información de gran relevancia para los actores locales para el desarrollo de las actividades agrícolas y por lo tanto se utiliza para la toma de decisiones en temas de seguridad alimentaria en cuanto a la disponibilidad de alimentos.

D. Mecanismo de actualización de la información

Toda la información de este componente se actualiza de forma automática con una frecuencia mensual durante los primeros diez días de cada mes dependiendo de la fuente de información. El diseño del visor permite que la actualización se realice de esta manera.

4. Conclusiones

El visor del SAGRC climático provee información importante para la toma de decisiones y contribuye a la preparación anticipada frente a posibles manifestaciones climáticas que puedan afectar la disponibilidad y el acceso de/a los alimentos en la cuenca del río Jubones.

En el largo plazo, el visor del SAGRC provee información a escala de décadas que orientan el diseño de medidas y planes de adaptación que garanticen la provisión de alimentos a largo plazo. Además se presenta información sobre las tendencias que se presentan en cuanto a los índices de cambio climático. Como se concluye de los análisis realizados, la precipitación, de manera general, tiende a incrementar en la cuenca. Esto tiene efectos positivos en cuanto a que existe mayor provisión de agua que permitirían una mejor actividad agrícola y disponibilidad de agua para las poblaciones locales. Sin embargo, también el exceso de humedad podría fomentar la formación de plagas y enfermedades que afectarían negativamente los cultivos y por tanto la disponibilidad de alimentos. Conociendo que hay una tendencia al incremento de precipitación, los actores locales pueden tomar medidas para aprovechar el agua de mejor manera pero también para que el desfogue de la misma se dé de manera adecuada en las zonas de cultivo.

El incremento de lluvias extremas puede afectar no solo a los cultivos sino que también pueden poner en riesgo la seguridad de las personas y los caminos de acceso. La información que provee el módulo de monitoreo de clima en el visor ayudará a los gobiernos locales a tomar medidas relacionadas con formas de garantizar el flujo del agua por sus cauces naturales, disminuir los riesgos de deslaves y el cierre de caminos. Por otro lado, los agricultores y otros productores podrán tomar medidas que garanticen el drenaje del agua de manera adecuada en las zonas de cultivo.

Además el módulo incluye información trimestral relacionada con variabilidad climática. Este tipo de información provee un panorama general sobre las condiciones climáticas más probables en el trimestre. Este tipo de información no está orientada a cambio climático sino a la variabilidad climática, es decir a aquellos procesos en el clima que ocurren en escala de meses y que para el SIAT es fundamental por la información que provee a los tomadores de decisión y a los actores locales. El módulo provee la información necesaria para el desarrollo de las actividades agrícolas y, por lo tanto, se utiliza para la toma de decisiones en temas de seguridad alimentaria en cuanto a la producción agropecuaria que tiene relación con la disponibilidad de alimentos.

En el visor del SAGRC también se incluyen imágenes de pronósticos que cubren Sudamérica. Aun cuando no es posible distinguir detalles de la cuenca en ellos, sin duda brindan una visión de las condiciones climáticas regionales que influyen necesariamente el comportamiento del clima de la cuenca y esto también es un



insumo para la toma de decisiones en las acciones relacionadas con la seguridad alimentaria.

La información climática de este componente tiene que cruzarse con la información de vulnerabilidad y riesgos que se incluye en el módulo correspondiente del visor del SAGRC. La combinación de estas dos fuentes de información proveerá importantes insumos a los tomadores de decisión y a los actores locales de la cuenca para poder diseñar políticas y medidas orientadas a disminuir los impactos de los cambios en la precipitación y temperatura en sus territorios.

5. Bibliografía

Aguilar, E., I. Auer, M. Brunet, T. C. Peterson, and J. Wieringa. 2003. Guidelines on Climate Metadata and Homogenization, WCDMP GUIDELINES SERIES, WMO/TD nº 1186, Llansó, P. ed., 50 pp., WMO, Geneva.

Alexandersson, H. and A. Moberg. 1997. Homogenization of Swedish temperature data 1. Homogeneity test for linear trends, *Int. J. Climatol.*, 17, 25-34.

J. P. Boulanger, S. Schlindwein, and E. Gentile, "CLARIS LPB WP1: metamorphosis of the CLARIS LPB European project: from a mechanistic to a systemic approach," *CLIVAR Exchanges*, vol. 16, no. 57, pp. 7–10, 2011.

Khaliq, M. N. and T. Ouarda. 2007. On the critical values of the standard normal homogeneity test (SNHT), *Int. J. Climatol.*, 27, 681-687.

Vincent, L. A., X. Zhang, B. R. Bonsal, and W. D. Hong. 2002. Homogenization of Daily Temperatures over Canada, *J. Clim.*, 15, 1322-1334.