7. BALANCE HÍDRICO.

Para estimar las reservas del agua subterránea de los sistemas acuíferos que se extienden subsuperficialmente y en el subsuelo en el área de estudio del presente convenio, se debe evaluar la magnitud de la recarga potencial proveniente de la precipitación a través de los suelos teniendo en cuenta espacial y temporalmente la magnitud de la escorrentía, la evapotranspiración y la variaciones de contenido de humedad de los suelos de cada una de las cuencas y/o subcuencas involucradas en el área de estudio.

Por tal razón se hace necesaria la estimación de la escorrentía superficial, evapotranspiración y valores de precipitación media mensual multianual en cada una de las subcuencas, lo que permitirá estimar el Balance Hídrico en el área de estudio del convenio con el fin de obtener la oferta total de agua subterránea y superficial.

La información obtenida puede ser utilizada para evaluar los recursos hídricos del área de trabajo (calidad, cantidad y distribución en tiempo y espacio), además de la capacidad para el suministro para satisfacer la demanda; así mismo se pueden proyectar y diseñar proyectos relacionados con el agua, planificar buenas estrategias de gestión del recurso hídrico en la Corporación. De la misma forma es de gran importancia que exista una actualización de las redes de datos en las estaciones en la zona de trabajo que permitan tomar los datos reales del comportamiento de las diferentes variables que se utilizan para la estimación del balance hídrico.

Con el fin de estimar las diferentes variables hidrológicas y meteorológicas que permitan obtener un valor de oferta hídrica para la zona, se estimaron los valores de precipitación por el método de isoyetas para cada una de la subcuencas que se encuentra dentro del área de trabajo, la evapotranspiración se estimo por varios métodos, seleccionándose el de Thornthwaite y de García López, debido a que la información con la que contaban las estaciones cumplen con los parámetros necesarios para la estimación de la evapotranspiración potencial y real y que los resultados obtenidos a nivel promedio mensual multianual siguen la tendencia y magnitud de la evaporación; así mismo se estimaron los valores de precipitación para cada una de las subcuencas del convenio por el método de isolíneas de precipitación, de la misma forma se estimaron los valores de escorrentía de las mismas subcuencas, los valores de cada una de las variables se estimaron por cuencas con el fin de realizar el balance hídrico con énfasis en estimar la recarga o infiltración potencial a través de los suelos para las 11 subcuencas que hacen parte del presente convenio.

Para la realización del balance hídrico se tomo en cuenta el área norte del departamento del Cesar, ya que las variables climáticas tienen comportamiento regional y no puntual debido a la influencia que un parámetro (dirección y velocidad del viento) ejerce sobre toda una región, hasta el punto que las precipitaciones que se presentan en el área objeto del presente estudio bien pueden deberse a circunstancias naturales o antrópicas que ocurren fuera del departamento del

Cesar o, aún dentro de él pero que, en todo caso dejan sentir su efecto en los demás parámetros que intervienen en el balance hídrico. Es así como la información que se presenta en este aparte del documento refleja datos que pertenecen a sectores localizados por fuera del área objeto de estudio del convenio 047-2004, y que han sido derivada a partir de los registros de la red hidrometeorológica nacional operada por el IDEAM.

7.1 DELIMITACIÓN DE LAS SUBCUENCAS .

Para la delimitación de las cuencas que componen el área de trabajo fue necesaria la utilización de cartografía escala 1:25000 elaborada por el DANE, además de la cartografía del área del departamento del Cesar en la misma escala, en total se utilizaron 22 cuadrantes de la zona. Esta separación de las subcuencas se realizó teniendo como base la cuenca del río Cesar, cuenca que había sido delimitada con anterioridad, así mismo se utilizaron las curvas de nivel, la red de drenajes, vías y los limites municipales; como resultado final después de haber realizar cada uno de de los procedimiento se obtuvo un total de 32 subcuencas, de las cuales y para los propósitos del estudio, se utilizan 11 subcuencas del norte del departamento. En la siguiente tabla se relaciona el área de las subcuencas que se utilizarán para estimar los valores de caudales medios mensuales multianuales necesarios para estimar la escorrentía superficial utilizada para el cálculo del balance hídrico de la zona.

Tabla 10 Cuencas del área de estudio

Nº	NOMBRE	ÁREA Km²
1	Ríos Ariguani	5119.33
2	Arroyo San Antonio	1085.69
3	Río Casacara	792.25
4	Río Fernambuco	511.35
5	Guatapuri	927.55
6	Jobo o Tocaima	296.96
7	Río Magiriaimo	801.97
8	Río Calenturitas	426.97
9	Río Cesarito	2808.58
10	Ríos Mocho – Chiriaimo	517.74
11	Río Sicarare	461.45
12	Quebrada Astrea	199.89

7.2. ESTIMACIÒN DE LA ESCORRENTÌA

La escorrentía superficial se estima con el fin de conocer las variaciones espaciales y temporales de los caudales que drenan por los cauces de las cuencas o subcuencas delimitadas para el área de estudio, y su magnitud está condicionada por la precipitación, las características físicas y estructurales del suelo, además de la influencia de otros factores como son la pendiente, el tipo de

uso asociado a éste, la densidad y tipo de cobertera vegetal. Para tal fin y contando con la información de series historicas de caudales medios diarios y mensuales de las estaciones hidrológicas, se procedió a realizar un análisis estadístico de datos para cada uno de los meses para el periodo 1990 – 2000. Lo anterior condujo a elaborar mapas de isolineas de escorrentía promedio mensual multianual los cuales nos permite conocer las variaciones espaciales y en magnitud de la escorrentía en (mm) para las subcuencas involucradas.

Para obtener los valores de lamina de escorrentía en las cuencas del área de estudio se procesaron mediante el programa Surfer y utilizando el método de interpolación Kriging los valores de caudales medios mensuales multianuales de las estaciones hidrológicas que se encuentran en el área para en el programa; obteniéndose como resultado 12 mapas de isolineas de escorrentía para cada uno de los meses durante los 10 años de la serie histórica seleccionada (1990 -2000). La grilla de los mapas de isolineas de escorrentía generados en formato (*.grid) que se obtiene después de interpolar los datos en Surfer se guardan en formato ASCII para ser exportada al formato de Arcgis (shp) para generar los mapas de isolineas de escorrentía para cada subcuenca utilizando un programa llamado SurfertoArcview. Después de procesar esta información y con los datos obtenidos se exporta del formato de Surfer al software ArcGis para poder obtener los valores medios mensuales multianuales de la escorrentía en cada una de las 9 subcuencas del área de estudio.

En la siguiente tabla No 4 se encuentran los nombres de cada una de las estaciones utilizadas para el cálculo de la escorrentía media mensual multianual para el área del convenio Ideam-Corpocesar, además de los códigos y categoría para cada una de ellas. En el Figura 4 se encuentran ubicadas las estaciones que se utilizaron para la estimación de la escorrentía dentro del área de las subcuencas delimitadas para el convenio.

Figura 5.Mapas con ubicación de las estaciones hidrológicas.

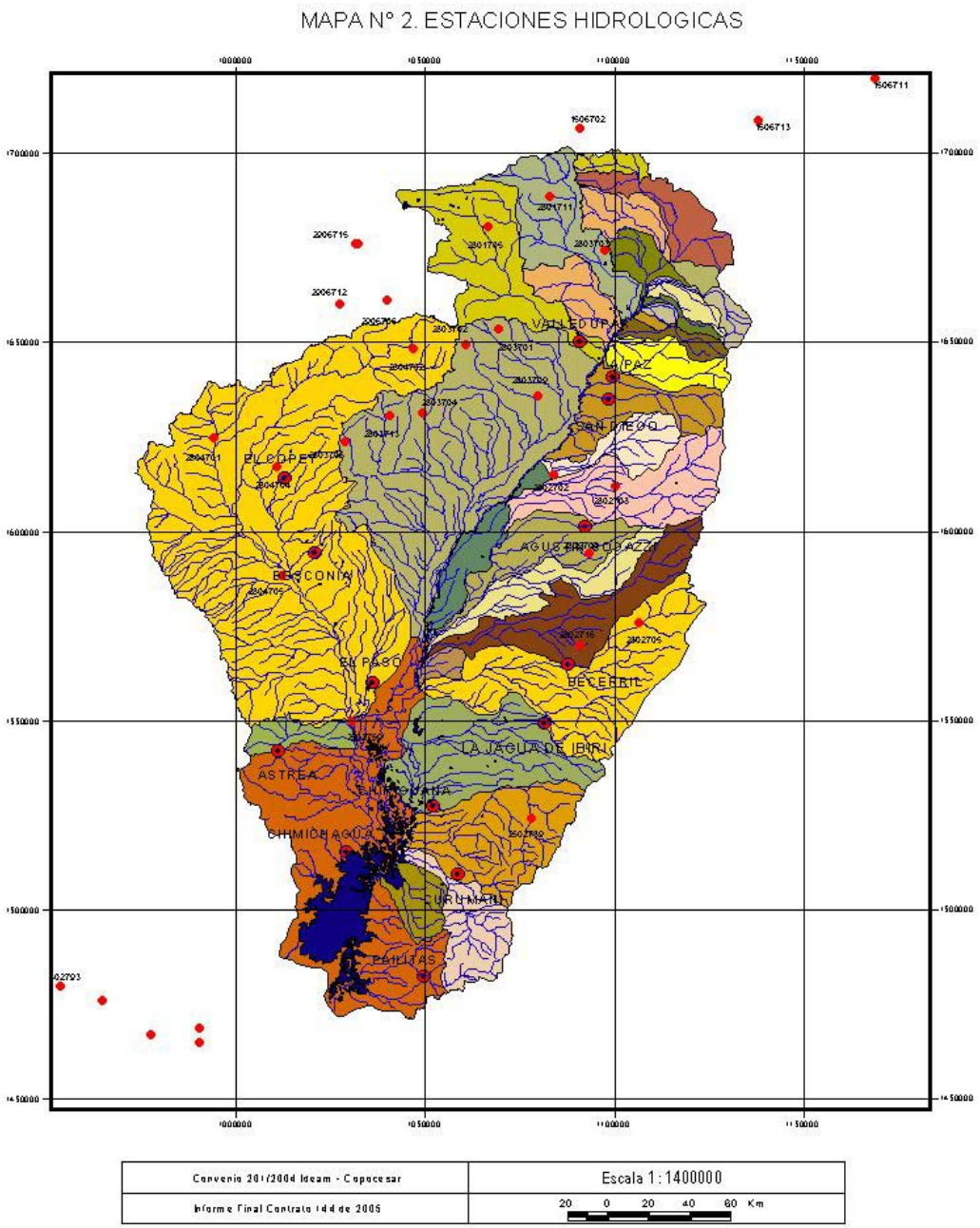


Tabla Nº 11. Estaciones hidrológicas

Codigo	Cat	Nombre Estación	Nombre Corriente	Nombre Departamento	Nombre Municipio
1508502	CP	Nazareth	Ay sharimahana	La guajira	Uribia
1605501	CP	Apto aguas claras	Limon	Norte Santander	Ocaña
1605504	CP	Abrego centro admo	Algodonal	Norte Santander	Abrego
2318501	CP	Villa Leiva	Q stos gutierrez	Santander	Sabana de torres
2320503	CO	Sta rosa d simiti	Q las mercedes	Bolivar	Santa rosa del sur
2321001	PM	Pto mosquito	Magdalena	Cesar	Gamarra
2321503	CO	Aguas claras	Buturama	Cesar	Aguachica
2502022	PM	Astrea	Q arjona	Cesar	Astrea
2502023	PM	Jagua la	Ay jobito	Cesar	La jagua de ibirico
2502024	PM	Canal el	Ay perete	Cesar	Chimichagua
2502025	PM	Curumani	Animito	Cesar	Curumani
2502026	PM	Rincon hondo	Ay jobito	Cesar	Chiriguana
2502027	PM	Saloa	Cga zapatosa	Cesar	Chimichagua
2502028	PM	Loma la	Ay paraluz	Cesar	El paso
2502502	CP	Monterrey forestal	Magdalena	Bolivar	Zambrano
2502525	CO	Chiriguana	Ay jobito	Cesar	Chiriguana
2502532	CP	Alamos los	Magdalena	Magdalena	San sebastian de buenavi
2801002	PM	Descanso el	Guatapuri	Cesar	Valledupar
2801004	PM	Manaure	Manaure	Cesar	Manaure
2801007	PM	Villa Marlene	Guatapuri	Cesar	Valledupar
2801009	PM	Patillal	Ay malena	Cesar	Valledupar
2801036	PM	Atanquez	Badillo	Cesar	Valledupar
2801037	PM	Paris de Francia	Guatapuri	Cesar	Valledupar
2802008	PM	Playas hda las	Con perez	Cesar	Agustin codazzi
2802015	PM	Esperanza hda la	Pernambuco	Cesar	Valledupar
2802023	PM	Llanos los	Ay candela	Cesar	Becerril
2802041	PM	San benito	Chiriaimo	Cesar	San diego
2802042	PM	San Gabriel	Con olaya	Cesar	Agustin codazzi
2802044	PM	Sta teresa hda	Sicarare	Cesar	Agustin codazzi
2802046	PM	Codazzi dc	Pernambuco	Cesar	Agustin codazzi
2802059	PM	Leticia	Chiriaimo	Cesar	San diego
2802060	PM	Retorno el	Sicarare	Cesar	Agustin codazzi
2802502	CO	Rincon el	Jobo	Cesar	San diego
2802507	AM	Motilonia Codazzi	Pernambuco	Cesar	Agustin codazzi
2802508	CP	Socomba	Con el zorro	Cesar	Becerril
2802509	CO	Centenario hda	Casacara	Cesar	Agustin codazzi
2803019	PM	Caracoli	Garupal	Cesar	Valledupar
2803501	CO	Villa rosa	Diluvio	Cesar	Valledupar

2803502	CO	Callao el	Azucarabuena	Cesar	Valledupar
2803503	SP	Apto Alfonso lopez	Guatapuri	Cesar	Valledupar
2803504	CO	Guaymaral	Garupal	Cesar	Valledupar
2804001	PM	Pueblo bello	Ariguani	Cesar	Pueblo bello
2804003	PM	Bosconia	Ariguani	Cesar	Bosconia
2804007	PM	Palmariguani	Ay mallorquín	Cesar	Bosconia
2804027	PM	Manature hda	Ay aguas lindas	Cesar	Bosconia
2804031	PM	Molino el	Ay las mulas	Cesar	El paso
2804035	PM	Paso el	Ariguani	Cesar	El paso
2906503	CO	Prado Sevilla	Sevilla	Magdalena	Zona bananera

Como resultado final después de realizar todo el procesamiento se esta información se obtiene la tabla Nº 5 en la cual se presentan los valores de escorrentía media mensual multianual para las cada una de las cuencas del área de trabajo, cada uno de esto valores se utilizó para estimar los valores de la recarga en cada una de las cuencas del área de los convenios. Los mapas de isoyetas de escorrentía para los 12 meses en el periodo 1990 -2000 se encuentran en los anexos del presente informe.

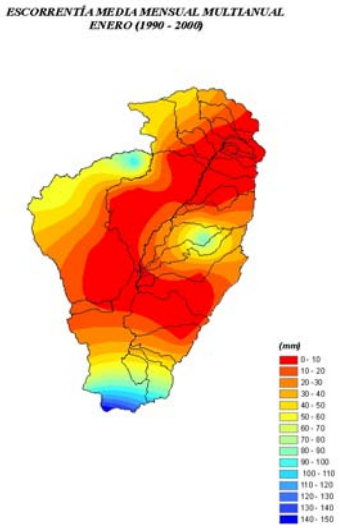
Tabla Nº 12. Valores de escorrentía (mm) por subcuencas.

NOMBRE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Ariguani	219.6	178.2	402.9	243.4	402.9	414.8	339.7	438.2	622.6	653.7	553.3	400.4
Arroyo San Antonio	47.7	33.8	188.2	76.8	188.2	150.0	123.4	149.8	190.3	311.6	271.4	183.5
Casacara	203.4	200.0	373.3	282.9	373.3	329.6	289.7	287.8	357.4	481.6	844.0	318.2
Fernambuco	343.5	342.8	506.9	398.8	506.9	438.8	369.6	384.4	445.9	525.2	456.8	417.6
Guatapuri	244.9	199.9	649.5	290.5	649.5	500.3	413.3	565.0	905.8	1111.6	941.1	493.0
Jobo o Tocaimo	49.5	33.6	497.1	202.6	497.1	263.3	128.4	125.9	273.5	846.6	601.3	243.3
Magiriaimo	151.8	142.8	568.3	310.8	568.3	348.1	228.4	220.6	356.2	895.2	797.9	327.4
Rio Cesarito	65.4	52.3	299.0	123.2	299.0	284.3	189.0	281.3	430.6	523.3	482.1	229.9
Rios Mocho y Chiriaimo	30.4	14.7	387.9	144.6	387.9	215.6	105.4	113.2	242.6	683.4	567.3	202.6
Rio Calenturitas (Tucuy - Maracas)	84.3	86.0	258.5	182.9	258.5	220.8	210.3	210.3	283.0	388.8	1039.6	229.1

7.2.1 Mapas de isolineas de Escorrentía

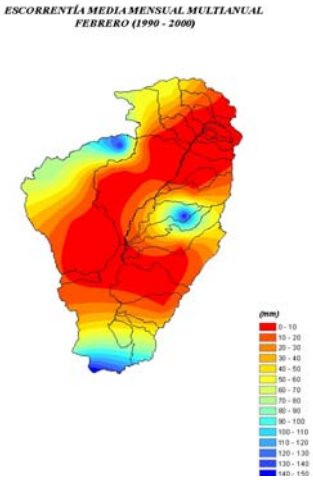
A continuación se presenta el comportamiento de la escorrentía durante los 12 meses para el periodo 1990-2000. Los mapas de isolineas de escorrentía del 5 al 16 se encuentran en los anexos del informe y a continuación se encuentran la caracterización del comportamiento de la escorrentía para cada mes dentro del área de trabajo.

Figura 5. . Isolineas de escorrentía media mensual multianual enero



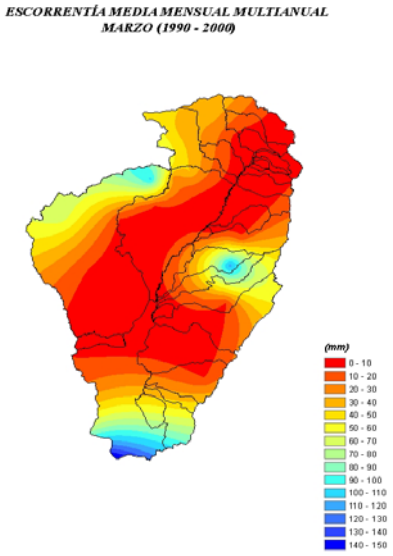
En la figura No 5 se presenta la distribución espacial de las isolíneas de escorrentía promedio multianual para el mes de enero en el periodo (1990-2000), su estimación se hizo para cada una de las 17 subcuencas delimitadas en el área de estudio del convenio. Los valores promedios de escorrentía que se presentan en el área son de 0-30 mm, que se presentan en las cuencas del río Cesarito, Magiriaimo, Fernambuco, Ariguani, Casacara, Sicarare y el río Badillo. De la misma forma se presentan valores que varían entre los 90 a los 120 mm, ubicados en el área aferente a la ciénega de Zapatosa y las subcuencas del río Anime Grande, Arroyo San Antonio y la Quebrada San Pedro.

Figura 6. . Isolineas de escorrentía media mensual multianual febrero



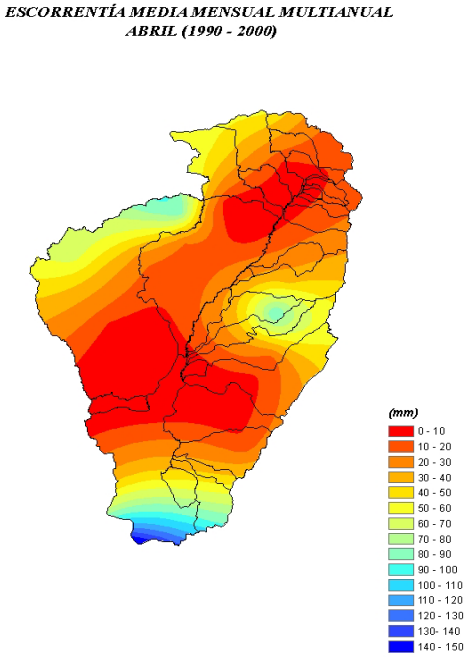
La distribución espacial de las isolíneas de escorrentía promedio mensual multianual para el mes de febrero (figura 6), presenta valores que se encuentran entre los 0-40 mm en la parte central del departamento, en cercanías a las subcuencas del río Cesarito, Río Badillo, Guatapiri y Ariguani, así mismo se presenta valores que se encuentran entre 50 a 150 mm en el área de las subcuencas de los ríos Fernambuco, Sicarare y Casacara; de la misma forma en la parte alta de la cuenca del río Ariguani se presentan valores de escorrentía de 90–130 aproximadamente.

Figura 7. . Isolineas de escorrentía media mensual multianual marzo



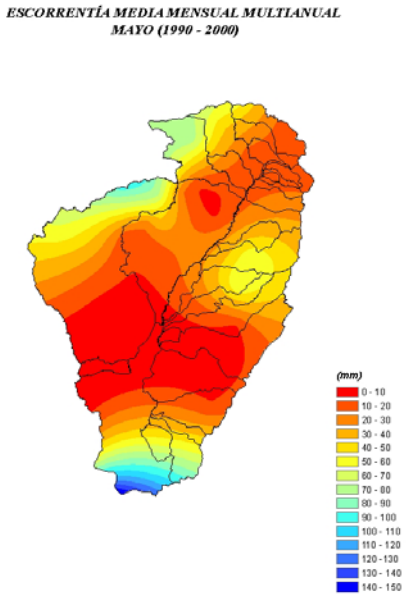
La distribución espacial de las isolineas de escorrentía promedio multianual para el mes de marzo (figura 7) en el periodo 1990-2000, se presenta valores de 80 -130 mm en las áreas aledañas a la Cienaga de zapatosa, río Sicarare y Casacara; y valores de los 40-80 mm en las áreas de las subcuencas de los ríos Cesarito y Guatapuri, cerca de la Sierra Nevada de Santa Marta.

Figura 8. . Isolineas de escorrentía media mensual multianual abril



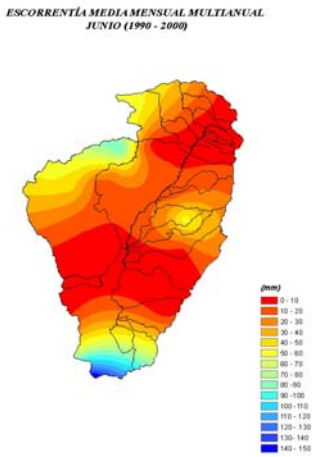
La distribución espacial de isolíneas de escorrentía promedio multianual para el mes de abril (figura 8) para el periodo (1990-200), presentan valores que varían entre los 5 – 30 mm en la zona media del departamento del Cesar, específicamente las subcuencas del río Ariguaní, Cesarito y Guatapurí; Tucuy, Maracas y Quebrada San Antonio; hacia la parte alta de la Sierra Nevada de Santa Marta se presentan valores que varían entre 50 - 100 mm, desde el punto de vista regional en las subcuencas de los ríos Casacará, Fernambuco, Sicarare y Magiriaimo se presentan valores del orden de 30 a 60 mm. Los mayores valores de isolíneas de escorrentía promedio mensuales multianuales, presentan valores del orden de 5 a 150 mm, distribuyéndose hacia el sur específicamente desde los municipios de Curumaní, Pailitas, Aguachica, Gamarra, San Martín, y San Alberto en el sur del Departamento del Cesar.

Figura 9. . Isolineas de escorrentía media mensual multianual mayo



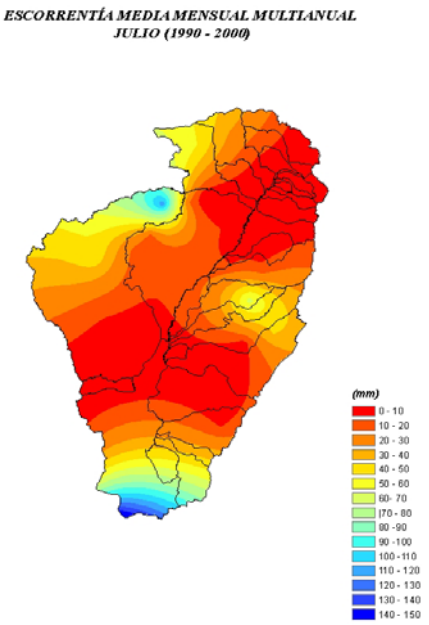
En la figura 9 se presenta una distribución espacial de isolíneas de escorrentía para el mes de mayo para el periodo (1990-200) con valores que varían entre los 5 – 70 mm en las subcuencas del río Ariguaní, Cesarito y Guatapurí; Tucuy, Maracas y Quebrada, Sicarare, Casacara y Magiriaimo; de igual forma en la parte baja en cercanías al Arrollo San Antonio y la Cienaga de Zapatosa los valores que se presentan varían entre los 90 y 130 mm mensuales multianuales.

Figura 10. . Isolineas de escorrentía media mensual multianual junio



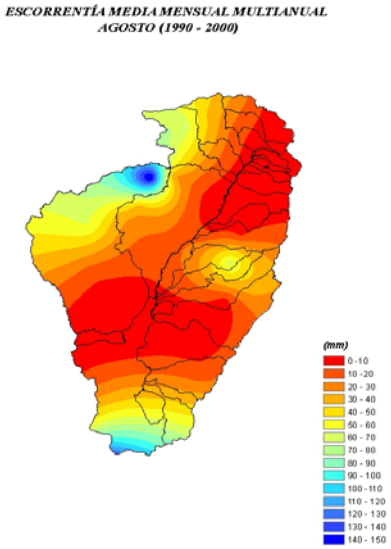
El comportamiento para el mes de junio en el periodo de 1990 a 2000 (figura 10) es de valores de escorrentía que oscilan entre los 0-60 mm en estribaciones de las subcuencas de los ríos Guatapuri, Aruguani, Cesarito, en cercanías a la sierra Nevada de Santa Martha, valores de escorrentía de 60-40 mm se presentan en la parte norte de la subcuenca del río Guatapuri. Es importante resaltar que los mayores valores de escorrentía que se presentan es el área de la ciénaga de Zapatosa cerca de los municipios de Chimichagua y Chiriguana.

Figura 11. . Isolineas de escorrentía media mensual multianual julio



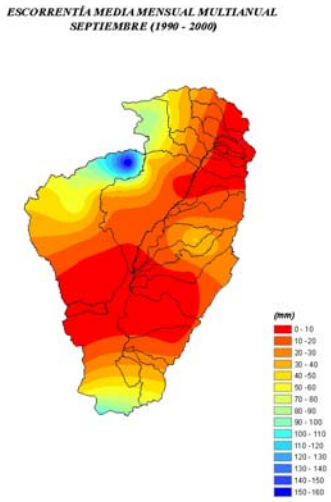
Para el mes de julio los valores de escorrentía varían de 5 - 40 mm en la mayor parte del área de trabajo (figura 11), en la subcuencas de los ríos Cesarito, Ariguani, Guatapuri, Sicarare; en las cercanía a la sierra nevada se presentan valores que varían entre los 40 los 120 mm, así mismo en la parte baja del departamento en área de los municipios de Curumani y Chimichagua se presentan valores de escorrentía media en mm de 40 llegando hasta los 150mm para esta zona.

Figura 12. . Isolineas de escorrentía media mensual multianual agosto



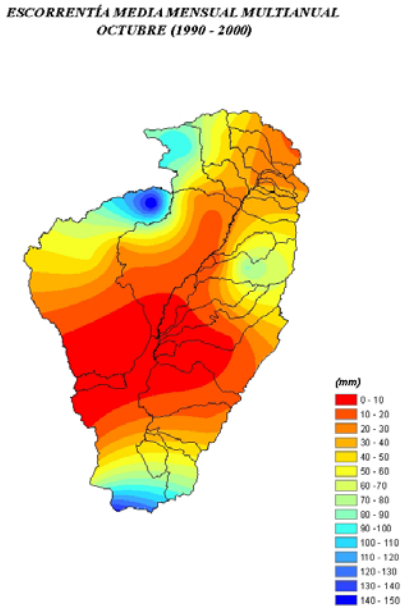
Para el mes de agosto se presenta valores entre los 90 a los 130 mm en la parte baja del área del presente convenio entre los municipios de Chimichagua, Chiriguana y Curumani, en la zona donde se encuentra ubicada la Cienaga de Zapatosa. (figura 12). Así mismo en el área de la subcuenca del río ariguani se presentan valores de 2 mm en cercanía a los municipios de Astrea y Chimichagua, hasta 150 mm de escorrentía que se presentan entre los municipios de Bosconía, El paso y El Copey, en el área de la Sierra Nevada.

Figura 13. . Isolineas de escorrentía media mensual multianual septiembre.



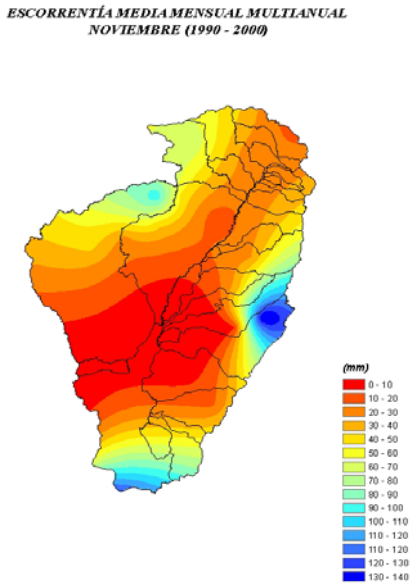
Los valores de escorrentía media mensual multianual varían entre los 0 – 40 mm en la parte central del departamento del Cesar dentro de las subcuencas del río Cesarito, Sacarare, Casacara, Arroyo San Antonio, Magiriaimo y Fernambuco, figura 13. También se presentan valores del orden de los 50 a los 90 mm en el área de la Cienaga. En estribaciones de la sierra Nevada de Santa Marta en la parte alta de la subcuenca del Río Ariguani se presentan valores del orden de 50 a 150mm.

Figura 14. . Isolineas de escorrentía media mensual multianual octubre.



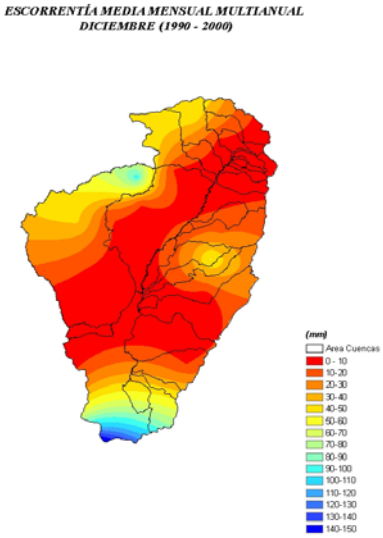
Para el mes de octubre (figura 14) se presentan valores de escorrentía media mensual multianual en la parte alta del departamento del Cesar de 20 a 70 mm cerca de los municipios de Valledupar, La Paz y San Diego; en la cuenca del Río Guatapuri se presentan valores que varían entre los 50 a 100 mm. En las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta se tienen valores de escorrentía entre los 50 a 150mm. En la planicie se encuentran valores que oscilan entre los 0 a los 30 mm de lámina de agua.

Figura 15. . Isolineas de escorrentía media mensual multianual noviembre.



En la figura No 15 el mapa de isolineas de escorrentía para el mes de noviembre presenta valores del orden de 0 a 40mm en la parte media del departamento del Cesar específicamente en las subcuencas del río Ariguaní, Garupal, Cesarito, Guatapurí, Arroyo San Antonio, Tucuy, Casacará; en igual se presentan isolíneas que varían del orden de 50 a 120 mm distribuidos sobre las subcuencas de los ríos Sicarare, Fernambuco y Magiriaimo, de la misma forma cerca de la sierra Nevada se tienen valores de 50 a 90 mm y en la parte de baja en el área de la Cienaga de Zapatosa se presentan valores que oscilan entre los 90 – 130 mm de escorrentía.

Figura 16. . Isolineas de escorrentía media mensual multianual diciembre.



Para el mes de diciembre (figura 16) la escorrentía presenta valores que varían entre los 0 a 40 mm en la parte media del departamento del Cesar, a los largo de las subcuencas de los ríos Magiriaimo, Casacara y Sicarare se presentan valores de escorrentía que oscilan entre los 30 a 60 mm. De a misma forma se presentan valores de 50 a 90 mm en el área de la subcuenca del río Ariguani. En la parte sur del departamento se presentan valores de 60 a 120 mm, en el área de la Cienaga de Zapatosa.

7.3.1 ESTIMACIÒN DE LA PRECIPITACIÓN

El conocimiento de la variación espacial y temporal de la precipitación y su magnitud se realiza con el fin de evaluar las observaciones cuando se toman muestras de un evento de precipitación o de una serie de eventos. La evaluación de la muestra observada incluye el examen de influencias externas, como pueden ser las influencias que puedan tener los instrumentos de medición, y también se debe tener en cuenta la interpretación de los efectos del medio ambiente físico, como la fisiografía. El fin principal de describir este evento es conocerlo en forma apropiada de tal forma que permita su posterior análisis y aplicación.

Con el fin de conocer el comportamiento de este parámetro hidroclimatológico se utilizaron los datos de 48 estaciones climatológicas (ver tabla Nº 3), las cuales se encuentran ubicadas dentro del área de estudio del presente convenio, además se utilizaron algunas estaciones de los departamentos vecinos (Bolívar, Guajira y Norte de Santander) con fin de obtener el mapa de

isoyetas de precipitación con datos más confiables para cada una de las subcuencas delimitadas en el área. Con el propósito de obtener el valor (mm) de precipitación media mensual multianual de las subcuencas del área de estudio se utilizaron los datos mensuales de las estaciones seleccionadas para un periodo de 10 años (1990-2000). Estos datos fueron interpolados por el método de (kriging) en formato (*.grid) después de interpolar los datos en Surfer se guardan en formato ASCII para ser exportada al formato de Arcgis (shp) para generar los mapas de isolineas de escorrentía para cada subcuenca utilizando un programa llamado SurfertoArcview. Después de la interolación los mapas se abrieron el ArcGis con el fin de obtener los datos de precipitación media mensual multianual, después de su procesamiento se obtuvieron 12 mapas de isolíneas de precipitación media mensual multianual y para cada uno de ellos se extrajo el valor de precipitación en mm para las subcuencas del área de estudio; luego estos se utilizaron junto con los datos promedio mensuales multianuales de escorrentía y evapotranspiración para estimar el balance hídrico de las subcuencas del área de estudio

Tabla Nº 13. Estaciones Climatológicas

Código	Cat	Nombre Estación	Nombre Corriente	Nombre Departamento	Nombre Municipio
1508502	CP	Nazareth	Ay sharimahana	La guajira	Uribia
1605501	CP	Apto aguas claras	Limón	Norte Santander	Ocaña
1605504	CP	Abrego centro admo	Algodonal	Norte Santander	Abrego
2318501	CP	Villa leiva	Q Sto Gutiérrez	Santander	Sabana de torres
2320503	CO	Sta rosa d simiti	Q las mercedes	Bolívar	Santa rosa del sur
2321001	PM	Pto mosquito	Magdalena	Cesar	Gamarra
2321503	CO	Aguas claras	Buturama	Cesar	Aguachica
2502022	PM	Astrea	Q Arjona	Cesar	Astrea
2502023	PM	Jagua la	Ay jobito	Cesar	La jagua de ibirico
2502024	PM	Canal el	Ay perete	Cesar	Chimichagua
2502025	PM	Curumaní	Animito	Cesar	Curumani
2502026	PM	Rincón hondo	Ay jobito	Cesar	Chiriguana
2502027	PM	Saloa	Cga Zapatosa	Cesar	Chimichagua
2502028	PM	Loma la	Ay Paraluz	Cesar	El paso
2502502	CP	Monterrey forestal	Magdalena	Bolívar	Zambrano
2502525	CO	Chiriguana	Ay jobito	Cesar	Chiriguana
2502532	CP	Alamos los	Magdalena	Magdalena	San sebastian de buenavi
2801002	PM	Descanso el	Guatapuri	Cesar	Valledupar
2801004	PM	Manaure	Manaure	Cesar	Manaure
2801007	PM	Villa marlene	Guatapuri	Cesar	Valledupar
2801009	PM	Patillal	Ay malena	Cesar	Valledupar
2801036	PM	Atanquez	Badillo	Cesar	Valledupar
2801037	PM	Paris de francia	Guatapuri	Cesar	Valledupar
2802008	PM	Hda Las Playas	Cno perez	Cesar	Agustin codazzi

2802015	PM	Esperanza hda la	Pernambuco	Cesar	Valledupar
2802023	PM	Llanos los	Ay candela	Cesar	Becerril
2802041	PM	San benito	Chiriaimo	Cesar	San diego
2802042	PM	San Gabriel	Cno olaya	Cesar	Agustin codazzi
2802044	PM	Hda Sta Teresa	Sicarare	Cesar	Agustin codazzi
2802046	PM	De Codazzi	Pernambuco	Cesar	Agustin codazzi
2802059	PM	Leticia	Chiriaimo	Cesar	San diego
2802060	PM	Retorno el	Sicarare	Cesar	Agustin codazzi
2802502	CO	Rincón el	Jobo	Cesar	San diego
2802507	AM	Motilonia Codazzi	Pernambuco	Cesar	Agustin codazzi
2802508	CP	Socomba	Cno el zorro	Cesar	Becerril
2802509	CO	Hacienda Centenario	Casacara	Cesar	Agustin codazzi
2803019	PM	Caracoli	Garupal	Cesar	Valledupar
2803501	CO	Villa rosa	Diluvio	Cesar	Valledupar
2803502	CO	Callao el	Azucarabuena	Cesar	Valledupar
2803503	SP	Apto Alfonso López	Guatapuri	Cesar	Valledupar
2803504	CO	Guaymaral	Garupal	Cesar	Valledupar
2804001	PM	Pueblo bello	Ariguani	Cesar	Pueblo bello
2804003	PM	Bosconia	Ariguani	Cesar	Bosconia
2804007	PM	Palmariguani	Ay mayorquin	Cesar	Bosconia
2804027	PM	Manature hda	Ay aguas lindas	Cesar	Bosconia
2804031	PM	Molino el	Ay las mulas	Cesar	El paso
2804035	PM	Paso el	Ariguani	Cesar	El paso
2906503	CO	Prado Sevilla	Sevilla	Magdalena	Zona bananera

Luego de la estimación de los mapas de isolineas de precipitación en ArcGis se calcularon en el mismo programa los valores de precipitación de cada una de las cuencas que se encuentran dentro del área del convenio, los mapas que se obtuvieron después de hacer el procesamiento de la información y el calculo de los valores se presentan en los mapas del 13 al 24, los cuales encuentran en los anexos del presente informe. A continuación se presentan solo las características de los mapas de isolineas de precipitación para los 12 meses durante el periodo 1990 – 2000.

En la siguiente tabla se presentan los valores de precipitación medios mensuales multianuales (mm) para cada una de las subcuencas delimitadas dentro del área de estudio, información que se utilizó para la estimación de la recarga de agua para cada una de las subcuencas que se delimitaron y que hacen parte del área del presente convenio.

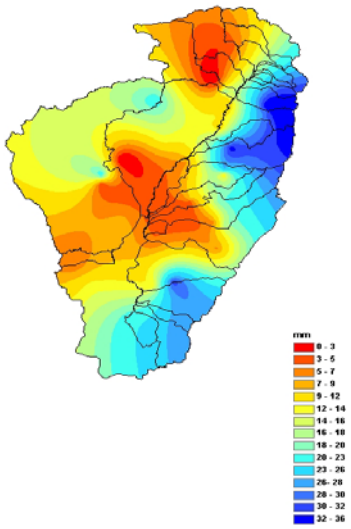
Tabla Nº 14. Valores de Precipitación en (mm) por subcuencas.

NOMBRE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Ariguani	12.6	28.4	60.6	129.7	187.3	139.6	119.0	161.2	182.2	179.7	131.8	46.6
Arroyo San Antonio	15.0	33.7	98.4	155.1	227.5	173.0	144.6	197.1	294.7	256.8	221.0	63.7
Casacara	16.9	41.4	69.3	160.8	203.6	144.3	122.7	153.6	213.6	215.3	176.9	53.0
Fernambuco	15.4	39.2	67.5	136.6	191.5	130.4	131.1	150.4	175.8	181.1	179.3	49.1
Guatapuri	7.8	15.2	39.5	124.9	225.9	146.5	90.4	153.4	209.5	253.8	148.0	52.5
Jobo o Tocaima	26.9	36.3	48.9	160.4	191.5	121.7	97.2	104.5	181.9	204.4	147.8	41.1
Magiriaimo	28.9	45.8	65.9	186.4	221.0	148.0	129.2	137.2	223.4	236.7	178.6	56.8
Río Cesarito	10.7	21.9	53.8	129.7	178.3	139.2	113.4	148.1	175.7	174.4	148.2	45.4
Ríos Mocho Y Chiriaimo	23.4	30.8	46.8	144.1	186.1	117.1	88.7	118.3	190.5	216.8	151.7	39.3
Río Calenturitas(Tucuy - Maracas)	15.1	40.0	85.0	161.8	229.4	166.1	138.7	174.6	256.2	234.1	184.4	57.6

7.3.1. Mapas de isolineas de Precipitación

A continuación se presentan solo las características de los mapas de isolineas de precipitación para los 12 meses durante el periodo 1990 – 2000.

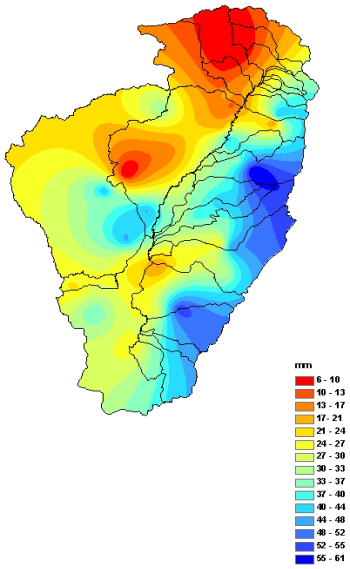
Figura 17 Mapa de . Isolineas de precipitación media mensual multianual Enero



El comportamiento de la precipitación para el mes de enero en la parte alta del departamento del cesar cerca al municipio de Valledupar se encuentran valores que varían entre los 0 – 7 mm, entre las subcuencas del río Guatapuri, Arroyo Pajarito y el río Badillo. Hacia la parte oriente del departamento en la subcuencas de los ríos Magiriaimo, Fernambuco, Sicarare, Casacara y Calenturitas se presentan valores que

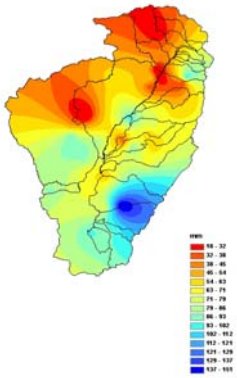
varían entre los 7 a 30 mm anuales de precipitación; en la parte plana del departamento se tiene valores para el mes de enero que oscilan entre los 6 – 23 mm mensuales.

Figura 18 Mapa de Isolineas de precipitación media mensual multianual Febrero



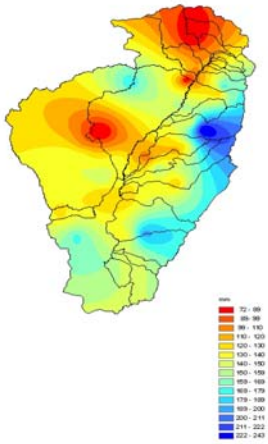
El comportamiento de la precipitación para el mes de Febrero en cercanía a la Sierra Nevada de Santa Martha y en la parte media del departamento se encuentra entre los 6 a 21 mm en las subcuencas de los ríos Guatapuri, Badillo y a parte alta del río cesarito, más hacia el sur del departamento encontramos valores que varían entre los 21 – 48 mm en las cuencas de los ríos Cesarito, Ariguani y la cienaga de Zapatosa. Así mismo encontramos que en la subcuencas de los ríos Sicarare, Magiriaimo, Fernambuco se presentan valores que varían entre los 37 a 66 mm para este mes.

Figura 19 Mapa de Isolineas de precipitación media mensual multianual Marzo



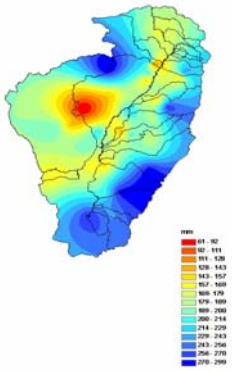
Para el mes de marzo se presentan valores entre los 18 – 102 mm en la mayor parte del departamento en cercanía a los municipios de Bosconía, El paso, El Copey, Valledupar, Astrea, San Diego y Agustin Codazzi; en las subcuencas de los ríos Cesarito, ariguani, Guatapuri, Magiriaimo y Fernambuco. De la misma forma encontramos valores en el área de los municipios de Becerril, Jagua de Ibirico y chimichagua valores que oscilan entre los 102 – 137mm mensuales multianuales.

Figura 20 Mapa de Isolineas de precipitación media mensual multianual Abril.



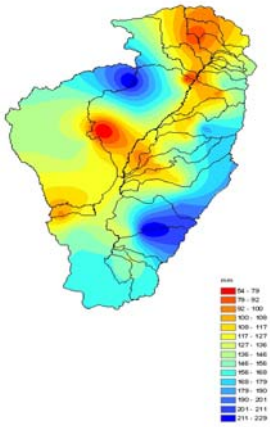
Los valores de precipitación media mensual para el mes de abril es de 72 a 120 mm en la parte alta de departamento del Cesar en las subcuencas de los ríos Guatapuri y Badillo dentro de los municipios de Valledupar, el copey y Bosconia. Así mismo en el área de las subcuencas del los ríos Cesarito, Ariguani, Sicarare y Fernambuco se presentan valores que se encuentran 120 a 189 mm entre los municipios de La Paz, San Diego y Agustín Codazzi. Hacia los municipios de Becerril, la Jagua de Ibérico y Chimichagua con valores que varían entre los 169 a 211mm mensual multianual.

Figura 21 Mapa de Isolineas de precipitación media mensual multianual Mayo



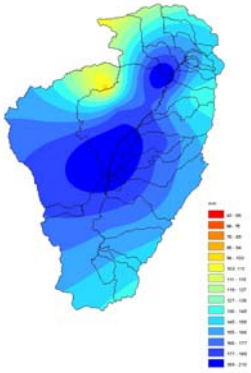
Para el mes de mayo se presentan valores entre los 157 a 270 mm multianuales en la mayor parte deñ área de convenio en los municipios de Valledupar, El Copey, La Paz , San diego, agustin Codazzi, La jagua de Ibirico, Chiriguana y Chimichagua. De la misma forma en el área de los municipios de Bosconia, El Paso y Astrea, en las cuencas de los ríos Cesarito, Ariguaní y Arroyo San Antonio allí se encuentran valores entre los 92 a 152 mm mensuales multianuales.

Figura 22 Mapa de Isolineas de precipitación media mensual multianual Junio



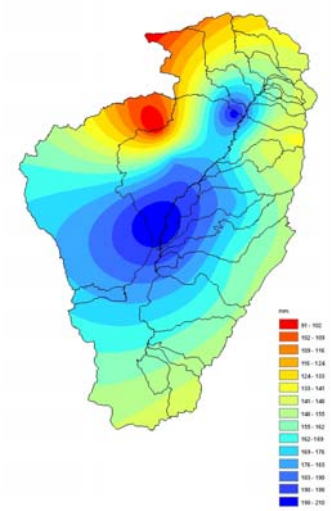
El comportamiento de la precipitación media mensual multianual en junio es variable, en algunos lugares como son Valledupar, La paz y San Diego, El Paso y Bosconia, se presentan valores que oscilan entre los 79 a 136 mm anuales, dentro de las subcuencas de los ríos Ariguani, cesarito, Badillo, Mocho, Magiriaimo, Fernanmbuco y Guatapuri. Así mismo en la Sierra Nevada de santa Marta y en Cercanías a la Serranía del Perija se presentan valores entre los 146 a 201 mm multianuales de precipitación sobre las subcuencas de los ríos Fernambuco, Sicarare, Casacara, Arroyo San Antonio y la parte alta del río Ariguani.

Figura 23 Mapa de Isolineas de precipitación media mensual multianual Julio



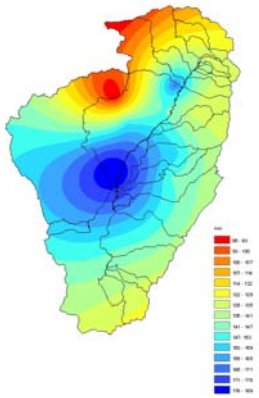
Para el mes Julio la precipitación presenta valores que varían entre los 136 a 210 mm mensuales multianuales en la mayor parte del área de trabajo, en las subcuencas de los ríos Cesarito, Ariguani, Mocho o Chiriaimo, Magiriaimo, Fernambuco, Sicare, Casacara y cerca de la Cienaga de Zapatosa. Asi mismo se presentan valores que varían entre los 94 – 127 mm, entre los municipios de El copey, Bosconia y una parte de Valledupar, dentro del área de las cuencas Guatapuri, Badillo y la parte alta del río Cesarito.

Figura 24 Mapa de Isolineas de precipitación media mensual multianual Agosto



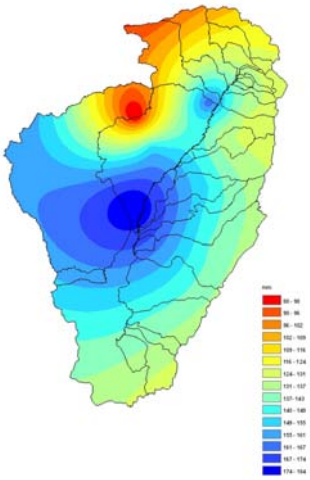
El comportamiento de la precipitación en el mes de agosto presenta valores entre los 169 a 180 mm en la parte central del departamento del Cesar, en parte de las subcuencas de los ríos Ariguani, Cesarito Magiriaimo, Fernambuco, Sicarare y Casacara. En la parte de la sierra Nevada de Santa Marta y en los municipios de Valledupar y Bosconia se presentan valores de precipitación que varían entre los 91 a los 124 mm mensuales multianuales.

Figura 25 Mapa de Isolineas de precipitación media mensual multianual Septiembre



El comportamiento de la precipitación media mensual multianual para el mes de septiembre varia entre 95 a 122 mm en el área de los municipios de Valledupar y el copey, en las cuencas de los ríos Guatapuri, parte alta del río Ariguani cerca de la Sierra Nevada de Santa Marta. En el centro del departamento del cesar se presentan valores que varían entre los 122 a 178 mm de precipitación mensual multianual, en las cuencas de los ríos Cesarito, Magiriaimo, Fernambuco, Sicarare, Casacara y Arroyo San Antonio.

Figura 26 Mapa de Isolineas de precipitación media mensual multianual Octubre



Para el mes de Octubre se presenta una distribución espacial de precipitación con valores que varían entre los 80 a 184 mm, en el área de las subcuencas de los ríos Ariguani, Cesarito, Badillo, Mocho, Magiriaimo, Fernambuco se presentan valores que varían entre los 124 a 174 mm. En el área de Valledupar se presentan valores entre los 90 a 116mm, en el área de las cuencas de los ríos Guatapuri y Badillo.

Figura 27 Mapa de Isolineas de precipitación media mensual multianual Noviembre.

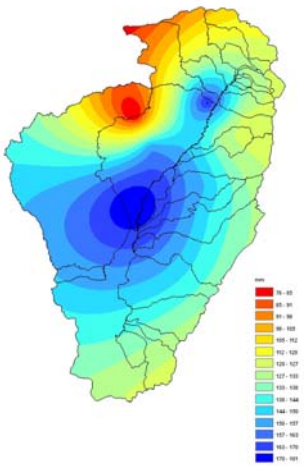
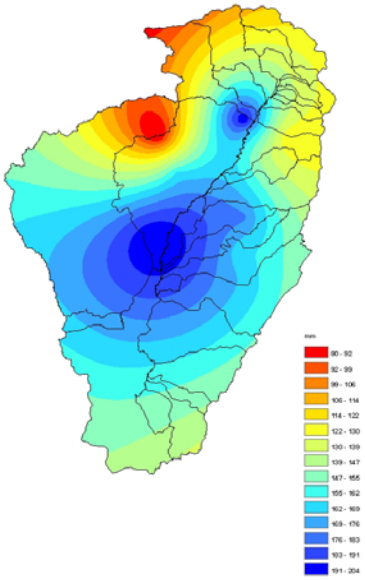


Figura 28 Mapa de Isolineas de precipitación media mensual multianual Diciembre



Para el mes de diciembre se presentan valores que oscilan entre los 80 a 130 mm en el área cercana a la Sierra Nevada de Santa Marta y los municipios de El Copey, Bosconía y El Paso. Así mismo en los municipios de Becerril, El Paso, La Jagua de Ibérico, Agustin Codazzi y parte del municipio de Valledupar se presentan valores de precipitación que varían entre los 130 a 191mm promedio mensual multianual, estos valores se concentran en su mayor parte en el área de las subcuencas de los ríos Cesarito y Ariguani.

7.4. ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (ETP)

Para estimar los valores de cada una de las cuencas hidrográficas delimitadas con anterioridad para el área de estudio, fue necesario tomar los datos medios mensuales multianuales obtenidos después de haber realizó el análisis de la información y determinar que los métodos de calculo de evapotranspiración que se ajustan al comportamiento y calidad de datos de las estaciones de la zona son Thornthwaite y García – López, luego de esto los resultados se interpolaron en Surfer para obtener las grillas que fueron utilizadas mas adelante en el software ArcGis en el cual se proceso la información de cada uno de los meses para un periodo de tiempo de 10 años (1900-2000) con el fin de estimar el valor medio mensual multianual para cada una de las 11 subcuencas.

Para el calculo de la evapotranspiración mensual multianual se trabajaron las fórmulas de, J.E Christiansen, J.B García y J.D López, G. Hargreaves, H.L Penman, C.W Thornthwaite y L. Turc, con los parámetros de brillo solar mensual multianual (horas), humedad relativa media multianual

mensual (%), temperatura media multianual mensual (ºC), tensión de vapor media multianual mensual (Mb) y velocidad del viento media multianual mensual (m/s). Para efectos de seleccionar los mejores métodos que siguiera el comportamiento de la evaporación se utilizaron los criterios estadísticos como el Índice Estacional (I.E.), Coeficiente de Correlación (r), Relación Porcentual ETP/EV y el Método Gráfico. Las formulas empíricas de Thornthwaite y García – López se adaptan de acuerdo a los criterios anteriores a reflejar el comportamiento de la evapotranspiración en las subcuencas involucradas en el área de estudio.

Tabla Nº 15 Estaciones utilizadas para el cálculo de evapotranspiración

Estación	Código	Longitud	Latitud	Tipo	Corriente	Depart	Municipio
El Rincón	2802502	1100162.97	1626952.92	CO	Jobo	Cesar	San Diego
Motilina-Codazzi	2802507	1091107.82	1597429.2	AM	Pernambuco	Cesar	Codazzi
Socomba	2802508	1091185.64	1566087.1	CP	Caño El Zorro	Cesar	Becerril
Hda. Centenario	2802509	1089320.89	1580831.77	CO	Casacara	Cesar	Codazzi
Villa Rosa	2803501	1058176.51	1619484.17	CO	Diluvio	Cesar	Valledupar
El Callao	2803502	1092824.39	1639838.88	CO	Azucarbuena	Cesar	Valledupar
Apto. Alfonso López	2803503	1090984.5	1645365.21	SP	Guatapurí	Cesar	Valledupar
Guaymaral	2803504	1047262.1	1586284.16	CO	Garupal	Cesar	Valledupar
Pueblo Bello	2804501	1049019.15	1637906.06	CO	Ariguaní	Cesar	Valledupar
Chiriguaná	2502525	1052826.46	1529142.92	CO	Ay. Jobito	Cesar	Chiriguaná
San José de Oriente	2802504	1112916.22	1636210.6	CO	Chiriaimo	Cesar	La Paz
Aguas Claras	2321503	1051151.34	1403187.9	CO	Buturama	Cesar	Aguachica
Abrego	1605504	1093428.29	1385422.34	CP	Algodonal	Cesar	Abrego
Apto. Aguas Claras	1605501	1078684.39	1411202.35	CP	Limón	Norte de Santander	Ocaña
Monterrey Forest	2502502	917433.608	1567910.61	CP	Magdalena	Bolívar	Brano
Los Alamos	2502532	977760.38	1519896.05	CP	Magdalena	Magdalena	San Sebastían
Nazareth	1508502	1304579.98	1840398.23	CP	Ay. Sharimaha	La Guajira	Uribia
Prado Sevilla	2906503	990620.92	1682118.11	CO	Sevilla	Magdalena	Zona Bananera
San Lorenzo	1501506	1003377.6	1720832.46	CP	Piedra	Magdalena	Santa Marta
Santa Rosa de Simiti	2320503	1001571.15	1372422.18	CP	Las Mercedes	Bolívar	Santa Rosa del Sur
Villa Leyva	2318501	1058608.89	1315316.33	CP	Q. Stos. Gutiérrez	Santander	Sabana de Torres

Tabla Nº 16. Valores de evapotranspiración método de García López

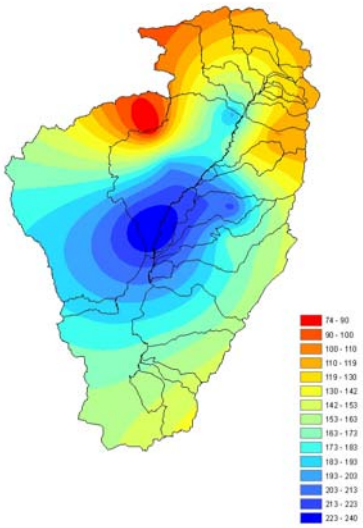
NOMBRE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Ariguani	172.3	161.5	185.9	171.4	161.2	157.4	167.8	164.0	148.2	152.0	141.9	155.8
Arroyo San Antonio	187.2	174.2	189.1	170.0	161.2	155.1	170.1	169.5	150.7	149.6	147.2	168.9
Casacara	189.7	176.6	195.9	176.0	163.4	160.0	172.8	169.2	150.1	147.6	145.8	166.7
Fernambuco	211.3	197.5	218.0	194.3	176.6	172.4	185.0	182.7	159.6	155.3	154.9	178.5
Guatapuri	135.2	84.3	102.1	139.4	122.9	124.7	140.6	130.5	111.5	111.7	109.6	122.0
Jobo o Tocaimo	160.2	154.0	178.3	161.2	148.1	146.2	155.0	153.0	137.5	134.6	131.5	143.9
Magiriaimo	173.9	165.5	187.4	167.6	153.3	151.2	160.9	158.7	142.1	138.3	136.0	151.5
Rio Cesarito	185.9	163.9	188.6	178.5	162.7	160.9	172.5	168.0	145.5	143.8	142.8	156.8
Rios Mocho y Chiriaimo	159.1	147.5	171.1	161.1	148.1	148.7	159.4	156.9	139.3	137.4	135.2	144.7
Río Calenturitas (Tucuy-Maracas)	187.1	171.9	187.5	169.2	158.7	155.0	168.5	163.6	147.5	144.5	142.7	164.8

Tabla 17. Valores de evapotranspiración método de Thornwaite

NOMBRE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Ariguani	171.2	162.5	187.4	179.1	170.3	165.6	174.7	170.1	149.0	146.8	141.6	141.6
Arroyo San Antonio	177.9	172.6	193.7	178.9	170.9	165.4	179.9	179.4	157.4	154.9	150.9	150.9
Casacara	176.6	171.6	197.8	182.2	168.0	165.9	175.8	174.8	149.7	145.5	143.6	143.6
Fernambuco	208.5	203.9	229.9	209.4	183.8	181.7	195.0	193.3	160.9	155.0	154.6	154.6
Guatapuri	119.2	118.9	145.8	140.6	128.7	131.1	146.7	135.9	111.1	111.2	108.8	108.8
Jobo o Tocaimo	137.7	135.7	161.7	151.6	139.3	138.9	145.3	144.1	127.6	122.2	118.1	118.1
Magiriaimo	157.8	155.4	181.1	166.9	149.2	149.0	157.4	156.4	135.6	129.7	127.4	127.4
Río Cesarito	175.4	170.4	196.2	182.1	168.4	164.9	178.0	173.4	144.5	142.8	139.8	139.8
Ríos Mocho y Chiriaimo	138.1	135.5	161.3	151.3	138.5	140.7	149.9	147.5	127.6	124.6	121.4	121.4
Río Calenturitas (Tucuy - Maracas)	170.9	164.8	188.0	174.1	163.9	159.9	170.6	168.3	148.6	143.6	141.7	141.7

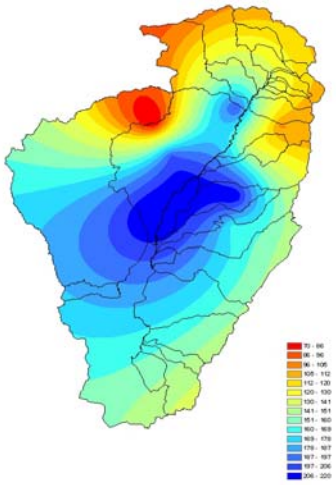
7.4.1 Mapas de Isolineas de Evapotranspiración

Figura 29. Isolineas de Evapotranspiración método de Thornthwaite Enero



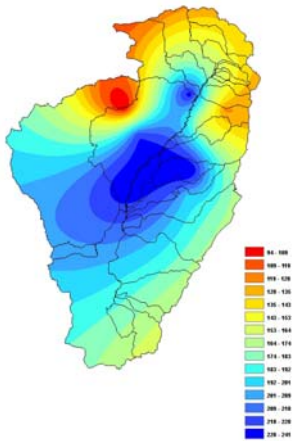
El comportamiento de este parámetro en el la cuenca de los ríos Guatapuri y Badillo es de 74 a 130 partiendo del norte hacia el sur del departamento entre los municipios de Valledupar y Astrea. También se presentan valores que varían entre 153 a 223 en el área de las cuencas de los ríos Ariguani, Cesarito, Sicarare, Fernambuco, Mocho o chiriaimo y Arrollo San Antonio en la parte baja de departamento en la zona de la Cienaga de Zapatosa.

Figura 30. Isolineas de Evapotranspiración método de Thornthwaite febrero



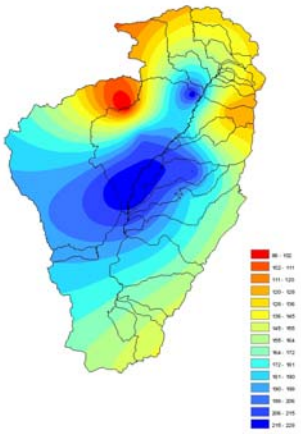
El comportamiento de la ETP para el mes de febrero en las subcuencas de los ríos Cesarito y Ariguani presenta valores que varían entre los 173 a 223 mm sobre el río Cesar entre los municipios de Bosconia y El Paso. Hacia el norte del departamento en la subcuencas de los ríos Guatapuri, Badillo, San Francisco y la parte alta de la subcuenca del río Ariguani se encuentran valores de ETP entre 74 a 142 mm promedio mensual multianual. De la misma forma se encuentran valores entre los 130 a 173 mm en el área de la Cienaga de Zapatosa entre los municipios de chimichagua, Astrea y Cururumaní.

Figura 31. Isolineas de Evapotranspiración método de Thornthwaite marzo



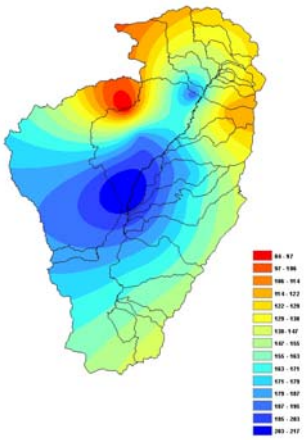
En el mes de Marzo se encuentran valores que varían entre los 160 – 206 mm en los municipios de El Paso, Chimichagua, La jagua de Ibérico, Becerril y Bosconia, dentro de las subcuencas de los ríos Fernambuco, Sicarare, Casacara, Calenturitas y Arroyo San Antonio. Hacia la zona de la sierra Nevada de Santa Marta y Valledupar se presentan valores que varían entre los 70 – 120 mm medios mensuales multianuales.

Figura 32. Isolineas de Evapotranspiración método de Thornthwaite Abril



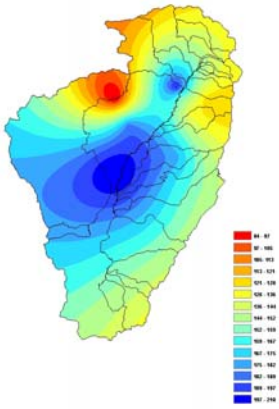
La distribución espacial de las isolíneas de ETP promedio mensual multianual para el mes de Abril, presenta valores que se encuentran entre los 111 a 128 mm en el área de las subcuencas de los ríos Guatapuri, Badillo, Mocho y San Francisco, así mismo se presenta valores que se encuentran entre 155 a 206 mm en el área de las subcuencas de los ríos Fernambuco, Sicarare, Cesarito, Ariguani y Casacara.

Figura 33. Isolineas de Evapotranspiración método de Thornthwaite mayo



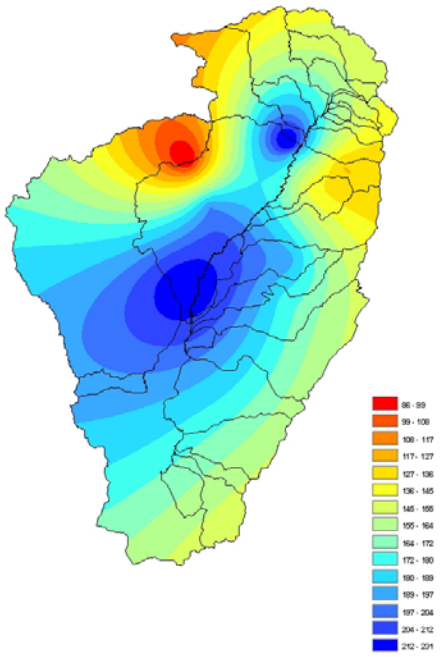
Para el mes de Mayo la distribución espacial de ETP media mensual multianual presenta valores que varían entre los 97 a 147 mm en la zona de los municipios de Valledupar y el Copey, entre las cuencas de los ríos Guatapuri, Badillo, Cesarito y Ariguani. Así mismo se encuentras zonas en las cuales se presentan valores entre los 163 a 195mm en la parte central del departamento entre los municipios de Bosconia, el Paso, La Jagua de Ibirico y también se encuentra la Cienaga de Zapatosa.

Figura 34. Isolineas de Evapotranspiración método de Thornthwaite Junio



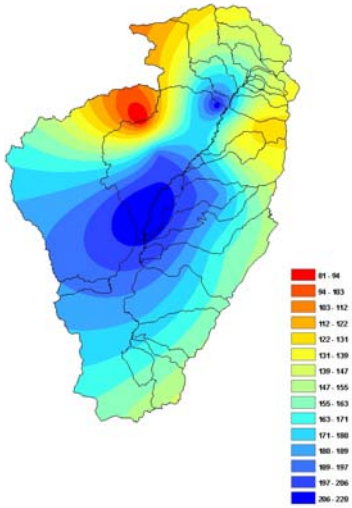
Para el mes de Junio la distribución espacial de ETP media mensual multianual presenta valores que varían entre los 97 a 128 mm en la zona de los municipios de Valledupar y el Copey, entre las cuencas de los ríos Guatapuri, Badillo, Cesarito y Ariguani. Así mismo se encuentras zonas en las cuales se presentan valores entre los 152 a 197 mm en la parte central del departamento y el área de la Cienaga de Zapatosa entre los municipios de Bosconia, el Paso y La Jagua de Ibirico.

Figura 35. Isolineas de Evapotranspiración método de Thornthwaite Julio



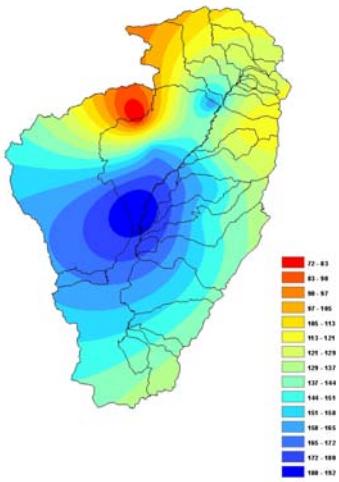
El comportamiento de la ETP media mensual multianual para el mes de Julio en las subcuencas de los ríos Guatapuri, parte alta del río Cesarito, río Mocho, Jobo, Magiriaimo, Fernambuco, Sacarare, Casacara y Calenturitas presentan valores que varían entre los 99 a 155 mm anuales. En la parte central del departamento entre los municipios de El Paso, Bosconia, la Jagua de Ibirico presenta valores que oscilan entre 164 a 204 mm mensuales multianuales.

Figura 36. Isolineas de Evapotranspiración método de Thornthwaite Agosto



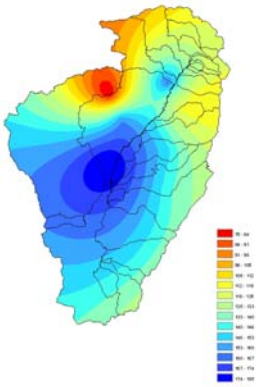
El comportamiento de la ETP media mensual multianual para el mes de Julio en las subcuencas de los ríos Guatapuri, parte alta del río Cesarito, río Mocho, Jobo, Magiriaimo, Fernambuco, Sacarare, Casacara y Calenturitas, cerca de la Sierra Nevada de Santa Marta se presentan valores que varían entre los 103 a 139 mm anuales. En la parte central del departamento entre los municipios de El Paso, Bosconia, la Jagua de Ibirico presenta valores que oscilan entre 163 a 197 mm mensuales multianuales.

Figura 37. Isolineas de Evapotranspiración método de Thornthwaite Septiembre



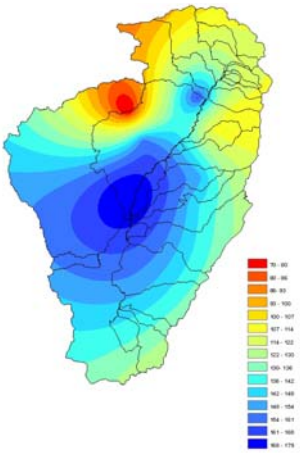
La distribución espacial de la ETP para el mes de septiembre en la parte alta de las subcuencas de los ríos Cesarito y Ariguani presenta valores que varían entre los 96 a 129 mm sobre el río Cesar entre los municipios de Bosconia y El Paso. Hacia el norte del departamento en la subcuencas de los ríos Guatapuri, Badillo, San Francisco y en la margen derecha del río Cesar se presentan valores de ETP entre 113 a 144 mm promedio mensual multianual. En los municipios de El Paso, Bosconia y la Cienaga de Zapatosa se presentan valores que varían entre los 151 a 172 mm.

Figura 38. Isolineas de Evapotranspiración método de Thornthwaite Octubre



Para el mes de Octubre se presentan valores de ETP media mensual multianual que varían entre los 140 a 167 mm en las subcuencas de los ríos Cesarito y Ariguani en el área de la Cienaga de Zapatosa. Entre los municipios de Becerril, Agustin Codazzi, San Diego, La Paz y Valledupar se presentan valores entre los 84 a 125 mm.

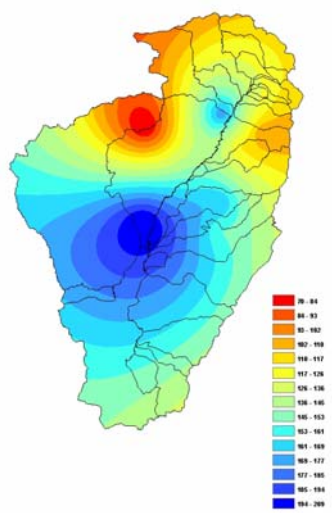
Figura 39. Isolineas de Evapotranspiración método de Thornthwaite Noviembre



El comportamiento del promedio mensual multianual de ETP para el mes de noviembre presenta en Valledupar, La Paz y El Copey valores que varían entre los 80 a los 122 mm en el área de las

cuencas de los ríos Guatapuri, Badillo y San Francisco. Así mismo en el área de las subcuencas de los ríos AriguanÍ, Cesarito Sicarare, Fernambuco, Magiriaimo y Mocho se encuentran valores que oscilan entre los 107 a 161 mm.

Figura 40. Isolineas de Evapotranspiración método de Thornthwaite Diciembre



La distribución espacial de la ETP para diciembre presenta en la parte norte del departamento entre los municipios de Valledupar, La paz, San Diego y El Copey se presentan valores entre los 84 a 136 mm, dentro de las cuencas de los ríos Guatapurí, arroyo el Pajarito, Badillo y Mocho o Chiriaimo; en la parte centro del departamento en las subcuencas de los ríos Ariguaní, Cesarito, arroyo San Antonio y Casacará se tienen valores que varían entre los 153 a 194 mm.

7.5 ESTIMACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO.

La estimación del balance hídrico por cuencas se realizó partiendo de los resultados del cálculo de precipitación, escorrentía y evapotranspiración media mensual multianual obtenida después del procesamiento de los datos en el software ArcGis. Para poder calcular los valores de recarga potencial para las cuencas de los ríos Ariguaní, Calenturitas, Guatapurí, Arroyo San Antonio, Casacará, Cesarito, Fernambuco, Jobo o Tocaima y Magiriaimo, esta recarga se estimo por medio del aplicativo BALHID que es un programa que calcula el balance hídrico con base en los valores promedios mensuales de precitación, evapotranspiración potencial y escorrentía directa. Así mismo deben ingresar las características del suelo tales como, capacidad de campo, punto de marchites y una constante radicular.

Este programa desarrolla el método de “Penman Gridley”, un balance de humedad del suelo y determina la cantidad de agua disponible para la recarga en los acuíferos, este método considera que un suelo que está a capacidad de campo, es sujeto a evapotranspiración, el agua del suelo

puede ser extraída sin ninguna restricción y la evapotranspiración real puede ser igual a la potencial.

Cuando se alcanza un valore crítico en el contenido de humedad del suelo, conocido como "constante radicular" el suelo no puede aportar agua para evapotranspiración a una rata igual a la potencial.
Se asume que a partir de este momento la evapotranspiración, continúa a una rata correspondiente a 1/10 de la potencial por debajo de la constante radicular. Esta rata de extracción de agua del suelo continúa hasta que se alcanza el punto de marchitez ó sea el valor correspondiente al estado en el cual la planta no puede extraer más agua y muere.

- ***Método de cálculo***

El método de consiste en hacer un balance para un periodo de tiempo determinado. El balance se puede expresar de la siguiente forma:

$$P = ESC + ETR +/- \Delta S + REC$$

P = precipitación
ESC = escorrentía
ETR = evapotranspiración
ΔS = cambios en el contenido de humedad del suelo
REC = recarga

Para la estimación de la recarga de agua fue necesario tener los siguientes parámetros para las subcuencas de los ríos Cesarito y Guatapurí las cuales hacen parte del convenio 047-4004.

Tabla 18 . Parámetros utilizados en el aplicativo

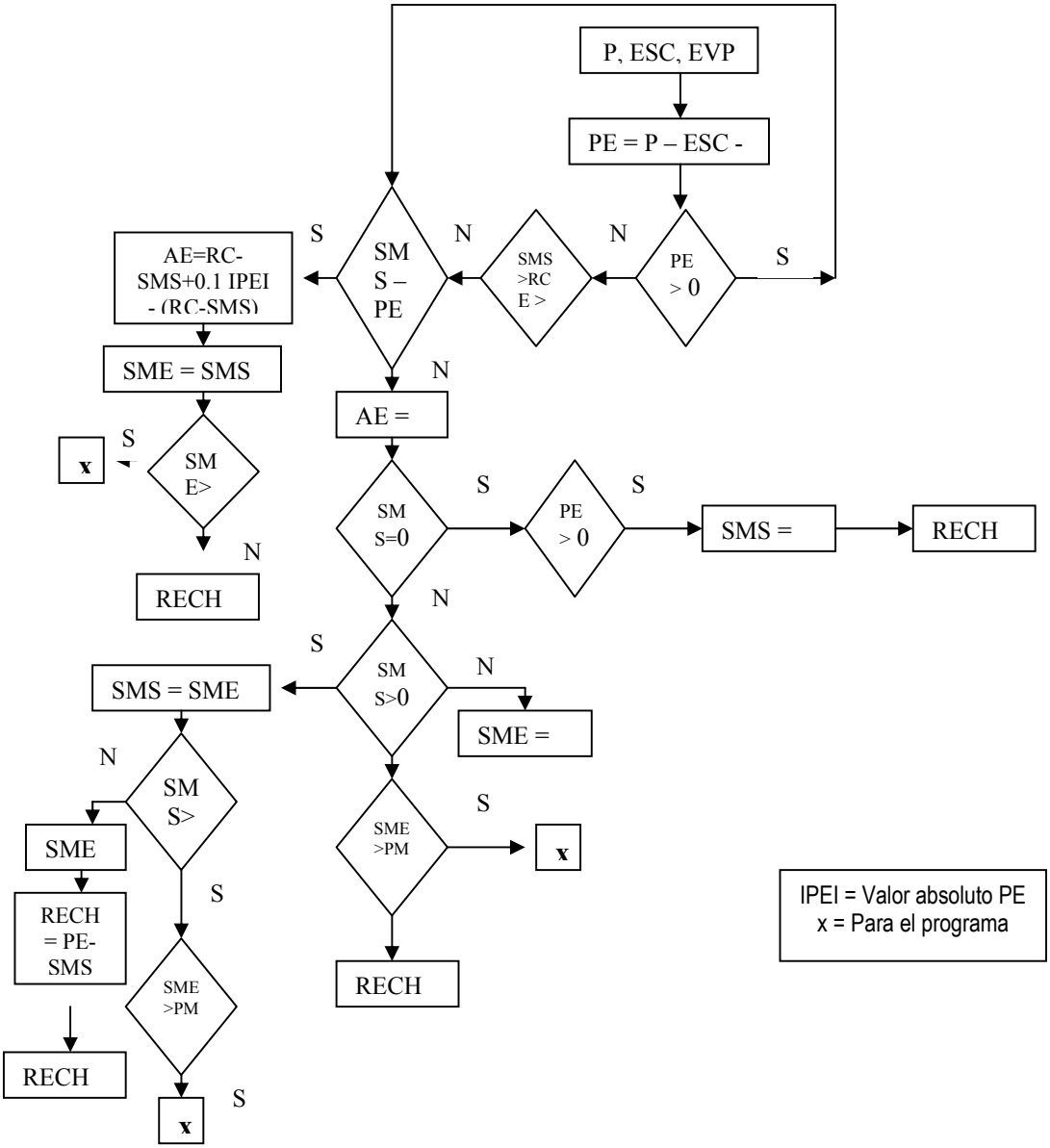
P	Precipitación (mm)	Cualquier tipo de agua que cae sobre la tierra
E	Escorrentía Directa (mm)	El agua que fluye directamente desde la superficie del suelo a las corrientes, ríos y lagos.
ETP	Evapotranspiración potencial	Es la que se produciría si la humedad del suelo y la cobertura vegetal estuvieran en condiciones óptimas.
Kc	Coeficiente de cultivo (que se toma igual a 1.0)	El coeficiente de cultivo (K_C) describe las variaciones en la

		cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando.
ETP C	Evapotranspiración potencial referida a cada cultivo	Cantidad máxima de agua capaz de ser evaporada por una cubierta vegetal continúa.
PE	Precipitación efectiva	Parte de la precipitación que contribuye a la escorrentía.
ETR	Evapotranspiración Real	Es la que se produce realmente en las condiciones existentes en cada caso.
SMS	Déficit de humedad del suelo al comienzo del mes	
SME	Déficit de humedad del suelo al final del mes	
RECH	Recarga mensual	
C.C	Capacidad de campo	contenido de humedad en el suelo, a partir del cual comienza la recarga
Pto March	Punto de marchitez	grado de humedad cuando las plantas no pueden absorber más agua
Cte Rad	Constante radicular	Cantidad de agua que la planta puede extraer del suelo sin ninguna dificultad.

- **Funcionamiento del programa**

El programa que se utilizó es el BALHID el cual permite el calculo del balance hídrico anual fue implementado para Excel, su resultado es la recarga y se expresa en unidades de mm/mes para cada una de las variables. Su funcionamiento se presenta en el diagrama de flujo Nº 1 en el cual se presentan los diferentes pasos para obtener una recarga.

Figura 41. Diagrama de flujo del aplicativo para el balance hídrico



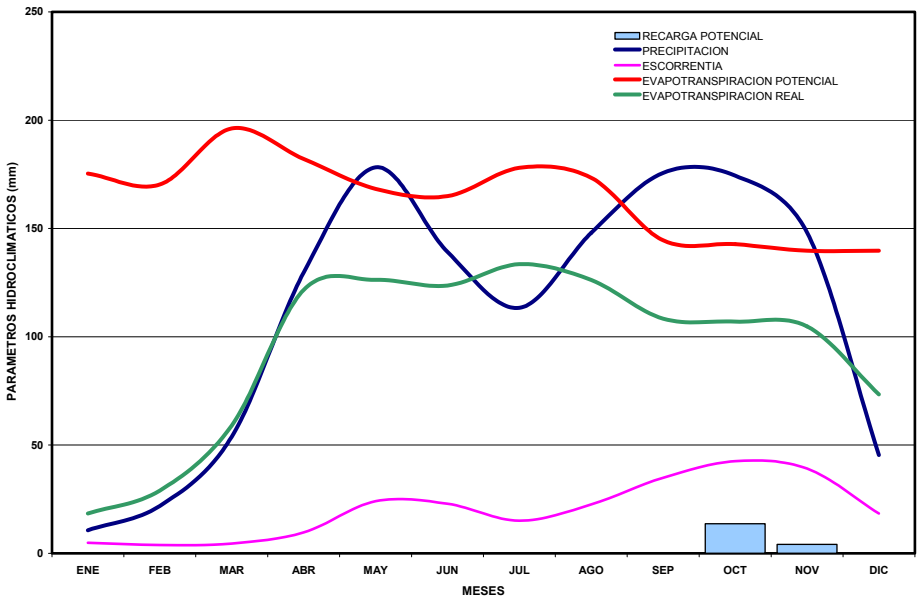
7.5.1 CUENCA DEL RÍO CESARITO

✓ ***Suelos arcilloso***

Tabla Nº 19. Balance Hídrico para la cuenca del río Cesarito suelo arcilloso

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
P	10.7	21.9	53.8	129.7	178.3	139.2	113.4	148.1	175.7	174.4	148.2	45.4	1338.7
ESC	4.9	3.9	4.5	9.7	24.1	22.9	15.1	22.7	34.9	42.6	39.2	18.4	242.8
ETP	175.4	170.4	196.2	182.1	168.4	164.9	178.0	173.4	144.5	142.8	139.8	139.8	1975.8
KC	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
ETPC	131.6	127.8	147.1	136.6	126.3	123.7	133.5	130.1	108.4	107.1	104.9	104.9	1481.8
PE	-125.8	-109.7	-97.9	-16.5	27.9	-7.4	-35.2	-4.7	32.4	24.8	4.2	-77.9	-385.9
ETR	18.4	29.0	59.1	121.7	126.3	123.7	133.5	126.2	108.4	107.1	104.9	73.5	1131.6
SMS	46.5	59.1	70.0	79.8	81.5	0.0	7.4	42.6	43.4	11.1	0.0	0.0	441.4
SME	59.1	70.0	79.8	81.5	53.6	7.4	42.6	43.4	11.1	0.0	0.0	46.5	495.0
RECARGA	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**13.7**	**4.2**	**0.0**	**17.9**

BALANCE HIDRICO - RÍO CESARITO



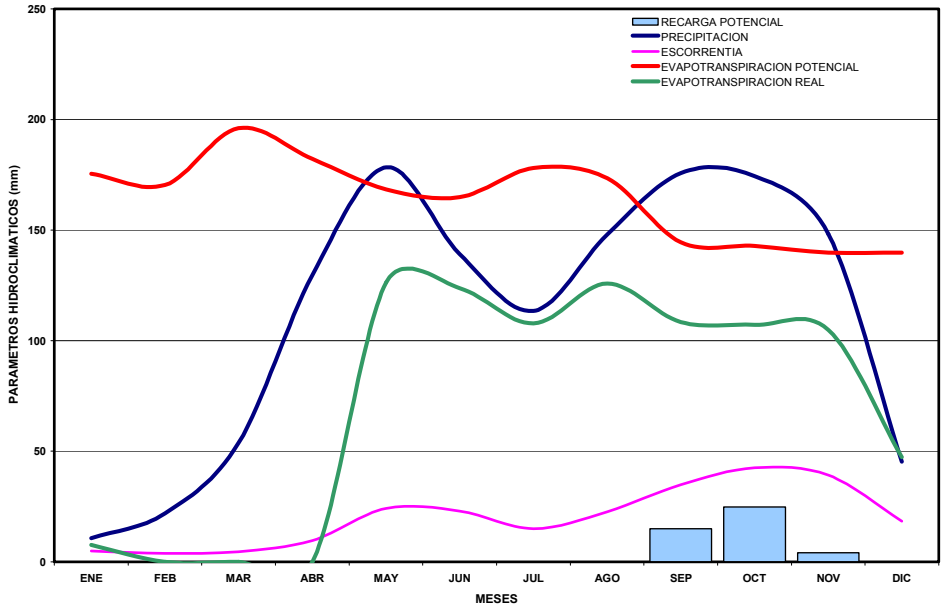
Para la cuenca del río Cesarito se presenta recarga solo en los meses de octubre con 13.7 mm y noviembre 4.2 mm respectivamente. Y los valores de precipitación no son los suficientemente altos para que exista recarga de agua en el suelo arcilloso que hace parte de la cuenca.

✓ ***Suelo Arenoso***

Tabla Nº 20. Aplicativo para la cuenca del río Cesarito suelo arenoso

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
P	10,7	21,9	53,8	129,7	178,3	139,2	113,4	148,1	175,7	174,4	148,2	45,4	1338,7
ESC	4,9	3,9	4,5	9,7	24,1	22,9	15,1	22,7	34,9	42,6	39,2	18,4	242,8
ETP	175,4	170,4	196,2	182,1	168,4	164,9	178,0	173,4	144,5	142,8	139,8	139,8	1975,8
KC	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	9.0
ETPC	131,6	127,8	147,1	136,6	126,3	123,7	133,5	130,1	108,4	107,1	104,9	104,9	1481,8
PE	-125,8	-109,7	-97,9	-16,5	27,9	-7,4	-35,2	-4,7	32,4	24,8	4,2	-77,9	-385,9
ETR	7,6	0,0	0,0	0,0	126,3	123,7	107,8	125,9	108,4	107,1	104,9	47,4	858,9
SMS	20,4	28,0	28,0	28,0	28,0	0,0	7,4	16,9	17,3	0,0	0,0	0,0	174,0
SME	28,0	28,0	28,0	28,0	0,1	7,4	16,9	17,3	0,0	0,0	0,0	20,4	174,1
RECH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	24,8	4,2	0,0	44,0

BALANCE HIDRICO - RIO CESARITO



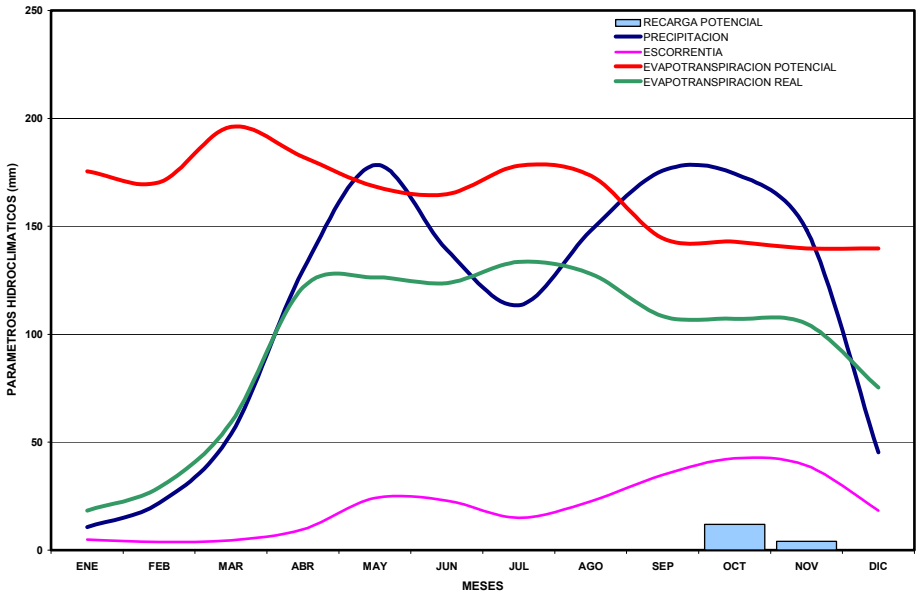
Para el río Cesarito en el área donde encontramos suelo arenoso, no se presenta recarga para ninguno de los meses debido a que la evapotranspiración presenta valores mayores que la precipitación dentro del área de la cuenca.

✓ ***Suelo limoso***

Tabla Nº 21. Balance Hídrico para la cuenca del río Cesarito suelo limoso

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
P	10,717	21,935	53,786	129,708	178,280	139,203	113,367	148,051	175,687	174,409	148,195	45,385	1338,7
ESC	4,9261	3,8809	4,5201	9,6644	24,1225	22,9015	15,0762	22,6570	34,9305	42,5564	39,1642	18,4244	242,8
ETP	175,420	170,354	196,165	182,123	168,363	164,920	178,043	173,438	144,524	142,801	139,816	139,816	1975,8
KC	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	9,0
ETPC	131,6	127,8	147,1	136,6	126,3	123,7	133,5	130,1	108,4	107,1	104,9	104,9	1481,8
PE	-125,8	-109,7	-97,9	-16,5	27,9	-7,4	-35,2	-4,7	32,4	24,8	4,2	-77,9	-385,9
ETR	18,4	29,0	59,1	121,7	126,3	123,7	133,5	128,0	108,4	107,1	104,9	75,3	1135,2
SMS	48,3	60,9	71,8	81,6	83,3	0,0	7,4	42,6	45,2	12,9	0,0	0,0	454,0
SME	60,9	71,8	81,6	83,3	55,4	7,4	42,6	45,2	12,9	0,0	0,0	48,3	509,4
RECH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,9	4,2	0,0	16,1

BALANCE HIDRICO - RÍO CESARITO



La recarga para el río cesarito en el área de los suelos limosos es cero, no existe recarga para esta área por que las salidas de agua son mayores a las entradas.

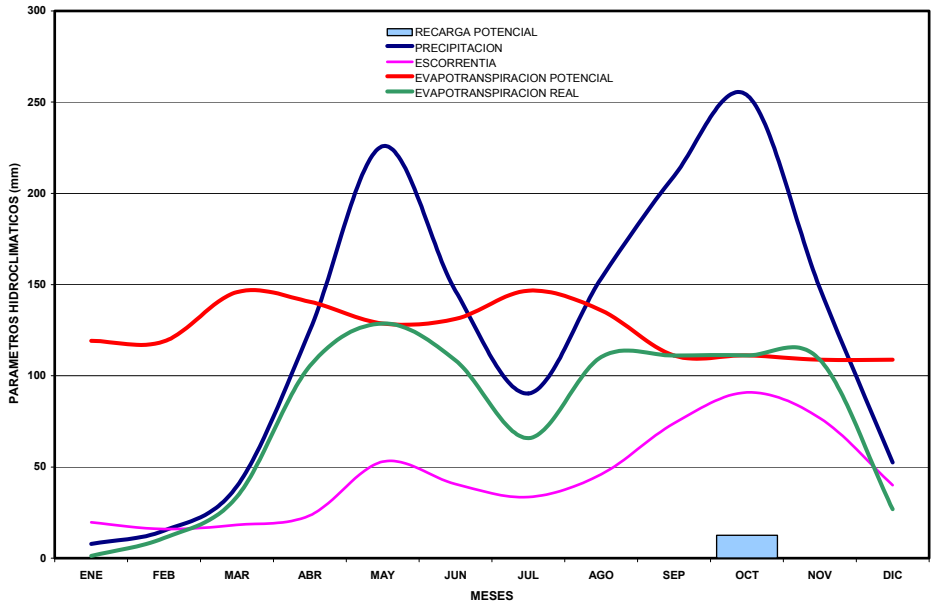
7.5.2 CUENCA DEL GUATAPURI

✓ ***Suelo Arcilloso***

Tabla Nº 22.Balance Hídrico para la cuenca del río Guatapurí suelo arcilloso

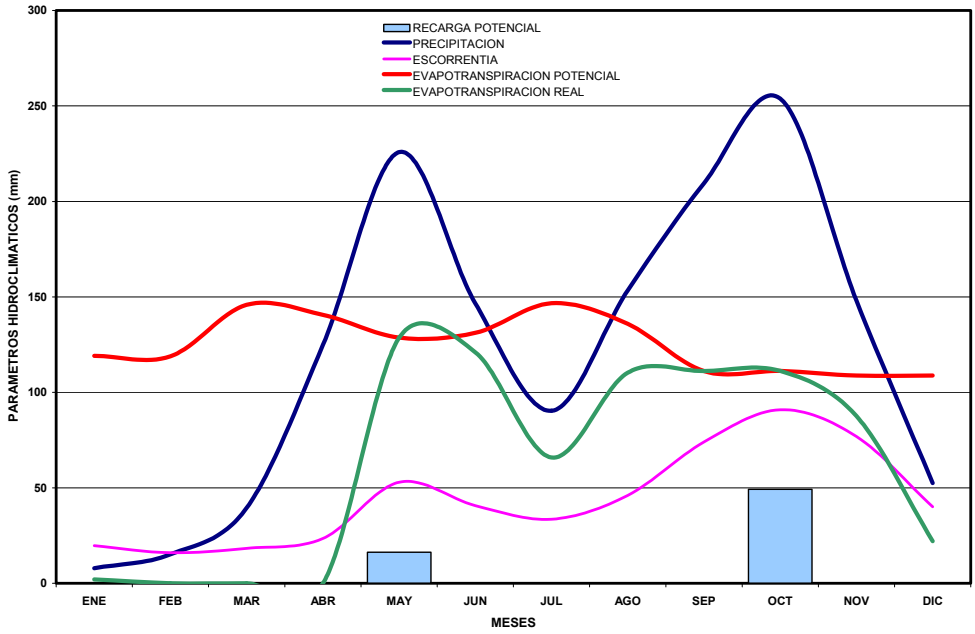
PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
P	7.8	15.2	39.5	124.9	225.9	146.5	90.4	153.4	209.5	253.8	148.0	52.5	1467.4
ESC	19.7	16.0	18.3	23.4	52.9	40.7	33.5	46.0	74.0	90.9	76.9	40.1	532.3
ETP	119.2	118.9	145.8	140.6	128.7	131.1	146.7	135.9	111.1	111.2	108.8	108.8	1506.6
KC	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	12.0
ETPC	119.2	118.9	145.8	140.6	128.7	131.1	146.7	135.9	111.1	111.2	108.8	108.8	1506.6
PE	-131.0	-119.7	-124.6	-39.1	44.3	-25.3	-89.8	-28.4	24.4	51.7	-37.6	-96.3	-571.5
ETR	1.3	11.1	33.7	105.4	128.7	108.4	65.8	110.3	111.1	111.2	108.8	26.9	922.6
SMS	52.1	65.2	77.2	89.6	93.5	49.3	51.8	60.8	63.6	39.2	0.0	37.6	679.9
SME	65.2	77.2	89.6	93.5	49.3	51.8	60.8	63.6	39.2	0.0	37.6	52.1	679.9
RECARGA	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**12.5**	**0.0**	**0.0**	**12.5**

BALANCE HIDRICO - RÍO GUATAPURI



✓ ***Suelo Arenoso***

Tabla Nº 23. Aplicativo para la cuenca del río Guatapurí suelo arenoso

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
P	7.85	15.17	39.47	124.92	225.85	146.54	90.38	153.39	209.50	253.83	148.05	52.50	1467.4
ESC	19.67	16.02	18.28	23.42	52.93	40.68	33.51	45.98	73.99	90.91	76.89	40.07	532.3
ETP	119.18	118.89	145.81	140.55	128.66	131.13	146.67	135.86	111.10	111.17	108.77	108.77	1506.6
KC	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	12.0
ETPC	119.2	118.9	145.8	140.6	128.7	131.1	146.7	135.9	111.1	111.2	108.8	108.8	1506.6
PE	-131.0	-119.7	-124.6	-39.1	44.3	-25.3	-89.8	-28.4	24.4	51.7	-37.6	-96.3	-571.5
ETR	2.0	0.0	0.0	0.0	128.7	121.0	65.8	110.3	111.1	111.2	87.5	22.1	759.6
SMS	26.0	28.0	28.0	28.0	28.0	0.0	15.1	24.1	27.0	2.5	0.0	16.4	223.1
SME	28.0	28.0	28.0	28.0	0.0	15.1	24.1	27.0	2.5	0.0	16.4	26.0	223.1
RECARGA	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**16.3**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**49.2**	**0.0**	**0.0**	**65.5**

BALANCE HIDRICO - RÍO GUATAPURÍ