

**SISTEMA DE INFORMACION CLIMATICA CON PARTICIPACION
COMUNITARIA PARA TOMA DE DECISIONES FRENTE A FENOMENOS DE
VARIABILIDAD CLIMATICA ASOCIADA AL CICLO ENOS SUBCUENCA RÍO
PALACE**

ELABORADO POR:

ING. VICTOR HUGO ZUÑIGA SILVA

REVISADO POR:

PhD. LILIANA RECAMAN MEJIA

**JEFE DIVISION AMBIENTAL EMPRESA DE ACUEDUCTO Y
ALCANTARILLADO DE POPAYAN S.A. E.S.P.**

COORDINADORA TECNICA FUNDACION PROCUENCA RÍO LAS PIEDRAS

**PROYECTO: RESTAURACIÓN, MANEJO Y ORDENAMIENTO PREDIAL EN LA
ZONA DE ALTA MONTAÑA Y PARAMO DE LA SUBCUENCA ALTA DEL RÍO
PALACÉ, ABASTECEDORA DEL ACUEDUCTO DE POPAYÁN.**

**FUNDACION PROCUENCA RÍO LAS PIEDRAS, EMPRESA DE
ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE POPAYAN S.A. E.S.P.,
PROGRAMA PARAMOS Y BOSQUES USAID.**

POPAYAN CAUCA

COLOMBIA

2021

CONTENIDO

1. INTRODUCCION.....	3
2. SUBCUENCA RÍO PALACÉ.....	4
3. DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	9
4. CARACTERIZACION CLIMATICA.....	10
4.1 PRECIPITACION	13
4.2 TEMPERATURA	17
4.3 CLASIFICACION CLIMATICA.....	20
4.4 CAUDALES.....	23
5. VARIABILIDAD CLIMATICA ASOCIADA AL CICLO ENOS	24
5.1 CICLO ENOS	25
5.2 EFECTOS DEL ENOS EN LAS PRECIPITACIONES	29
5.3 EFECTOS DEL ENOS EN LOS CAUDALES.....	37
6. MONITOREO CLIMATICO PARTICIPATIVO	40
7. BOLETIN CLIMATICO.....	41

1. INTRODUCCION

La evidencia científica demuestra que debido al acelerado cambio en el clima del planeta, todos los ciclos ecológicos, hídricos y atmosféricos se están modificando. Las cuencas de alta montaña son especialmente vulnerables y por esto son requeridos estudios locales que permitan conocer el comportamiento climático a nivel de región y de predio para la toma de decisiones oportuna frente a fenómenos de variabilidad climática. (IDEAM, 2016)

Para el Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático (IPCC) es evidente la ocurrencia actual de un cambio climático acelerado producto del incremento de gases de efecto invernadero por actividades antrópicas. El cual altera el sistema climático global y acentúa los efectos de la variabilidad climática con precipitaciones intensas, sequías prolongadas y variaciones de temperatura.

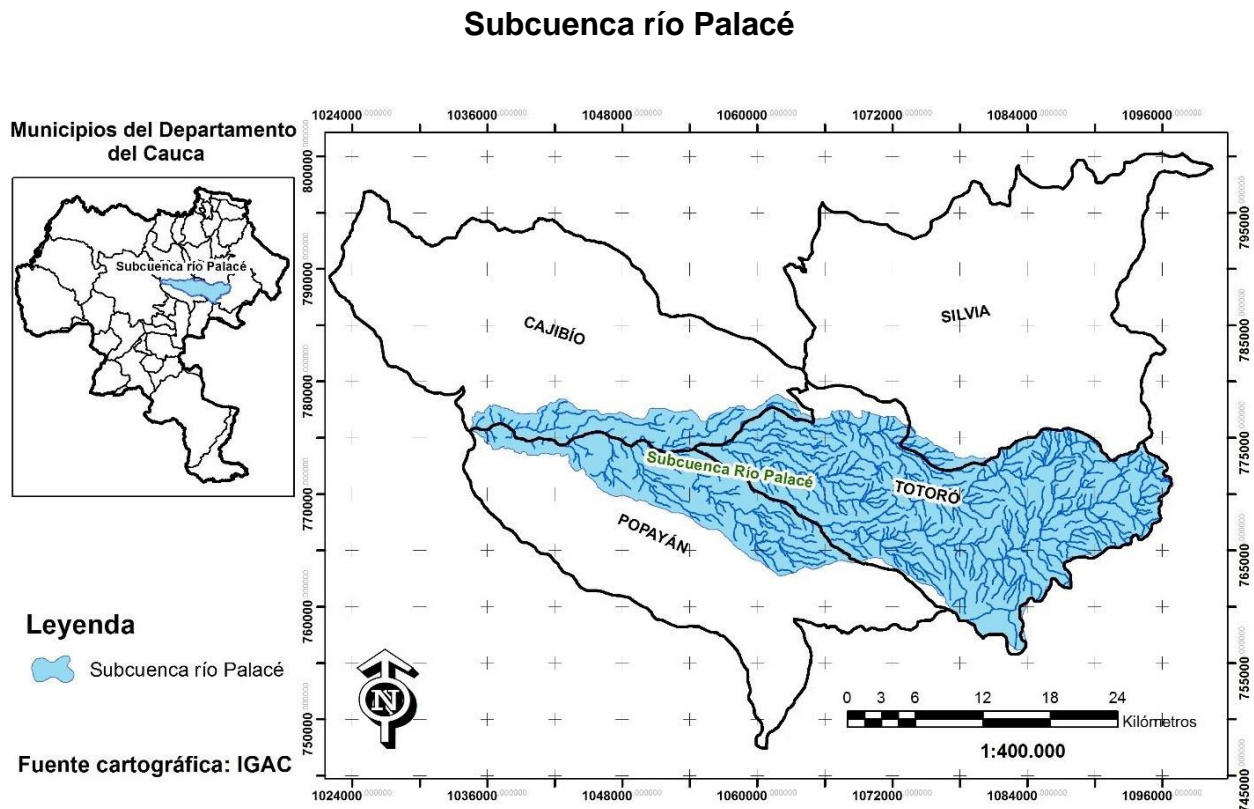
Los cambios en la temperatura y en la precipitación afectan los fenómenos de escorrentía superficial y cualquier disminución de la escorrentía implica no solo reducción de la oferta hídrica superficial, sino también menor humedad del suelo con consecuencias adversas para la agricultura (Gardner, 2009; Verhaar et. al, 2007).

En el presente documento se realiza el análisis de la climatología local y los efectos de la variabilidad climática asociada al ciclo ENOS en las precipitaciones, temperaturas y caudales, además se presenta la red de monitoreo climático participativo implementada en el área de estudio y el actual boletín climático como herramienta para la toma de decisiones en los sistemas productivos y planificación ambiental en la subcuenca río Palacé.

Este proceso forma parte del Sistema de Alertas Agroclimáticas Tempranas Participativas implementado en las cuatro subcuencas de abastecimiento para la ciudad de Popayán. Los resultados corresponden al componente de adaptación, monitoreo y seguimiento de los ecosistemas estratégicos de la subcuenca Palace.

2. SUBCUENCA RÍO PALACÉ

La subcuenca río Palacé está ubicada en la parte central y nororiental del departamento del Cauca, comprende los municipios de: Totoró, Cajibío y Popayán y cubre un área total de 65.000 ha. Está conformada por 6 afluentes: río Cofre, río Blanco, río Molino, quebrada Chamizal, río Guangubio y río Minchicao. Es de importancia estratégica para el municipio de Popayán, al ser la fuente abastecedora de agua para las veredas del área de influencia y del acueducto de la zona norte de dicho municipio. (Ordoñez 2008).



De acuerdo con el POMCH Palace en la parte alta de la subcuenca presenta condiciones típicas de paramo que hacen parte del complejo de paramos de Guanacas – Puracé – Coconucos, este complejo de páramos se localiza en la región Andina en los departamentos de Huila y Cauca, Guanacas está integrado por dos zonas hidrográficas Alto Magdalena y Cauca, para la zona hidrográfica de Cauca se subdivide en Alto río Cauca, río Piendamó, río Palacé y río Palo, es de especial

relevancia ya que el agua nace en este paramo y sustenta actividades agropecuarias y abastece acueductos.

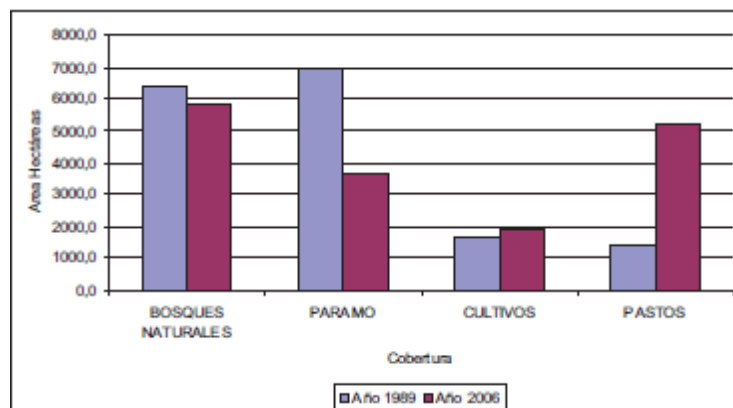
El área de paramo que corresponde a Palacé se denomina como paramo del Valle de Malvaza en el cual la precipitación es de tipo Unimodal con valores desde los 1050 mm hasta los 2350 mm, no se evidencian meses con déficit hídrico debido a que se presentan altos porcentajes de humedad relativa (>79%) y temperatura media alrededor de los 10°C. El movimiento constante de las masas nubosas entre los valles interandinos, de las cuencas de los ríos Magdalena y Cauca, generan precipitaciones permanentes a lo largo del ciclo climático anual que con los complejos vegetales típicos de páramo (frailejones, puyas, gramíneas, musgos, líquenes, diferentes hepáticas y la vegetación arbórea de alta montaña) y junto a las condiciones topográficas hacen que los suelos se hallen encharcados, ya que los niveles freáticos son muy superficiales o afloran en áreas relativamente planas.

El páramo del Valle de Malvazá o la parte alta de la subcuenca del río Palacé, presenta un complejo hídrico caracterizado por la presencia de múltiples reservorios naturales, rebosados de agua en forma permanente o lagunas alto andinas. Este complejo hídrico en este ecosistema, opera en forma permanente como una gran área de captación de agua y de reserva de la misma, la cual, a través de su cauce principal, el río Palacé, exporta unos excedentes en forma de caudales constantes a través de todo el año, sistema regulado a través del humedal Ciénaga de Calvache. (POMCH Palacé, 2010).

En parte alta de la subcuenca río Palacé, la economía se sustenta principalmente en dos sistemas de producción (cultivo de papa y cría extensiva de ganado) los cuales se articulan en forma temporal y espacial, estando relacionados a la explotación directa del recurso suelo (POMCH, 2010).

Según el análisis de cobertura y uso del suelo, en la parte alta de la subcuenca río Palacé la cobertura de origen natural ocupa el 58,4% del área de la cuenca, y es la responsable del equilibrio ecológico, hídrico, climático, edáfico de la región. El restante 41,5 % del área está ejerciendo presión con las actividades antrópica donde cada día se va ganando terreno con la producción y comercialización de los llamados bienes ambientales, la tasa de conversión de cobertura del suelo muestra que para el periodo 1989 – 2006, el Páramo perdió 3330,4 Ha y los pastos ganaron 3828,9 Ha. (POMCH Palacé, 2010).

Dinámica de cobertura vegetal en la parte alta de la subcuenca río Palacé



POMCH Palacé, 2010

Debido a la concentración de la población colombiana en la región andina, los ecosistemas de alta montaña han sufrido las consecuencias de grandes cambios en el uso del suelo, causados, en las últimas décadas, por el afán de garantizar el abastecimiento de muchos recursos esenciales para la sociedad. Según el Instituto Humboldt, para el año 2000 existían en Colombia 1.237.273 hectáreas de páramo, 34% de las cuales habían sido transformadas por acción humana. Solamente durante el período 1985-2005, la tasa anual de pérdida de los ecosistemas de páramo en Colombia alcanzó el 17 %³⁹. (WWF, 2017).

Adicional a la pérdida de coberturas originales, la expansión de la agricultura es un factor determinante de pérdida de la biodiversidad por otras razones, como el empleo de fertilizantes nitrogenados y fosfatados comerciales, que en el país aumentó considerablemente en los primeros años de este siglo. Colombia es hoy uno de los principales consumidores de fertilizantes comerciales de América Latina y, dado que alrededor del 70% del nitrógeno aplicado y el 75% del fósforo se pierden, hay excedentes de nutrientes en la gran mayoría de las estaciones de agua monitoreadas. (WWF, 2017, 100).

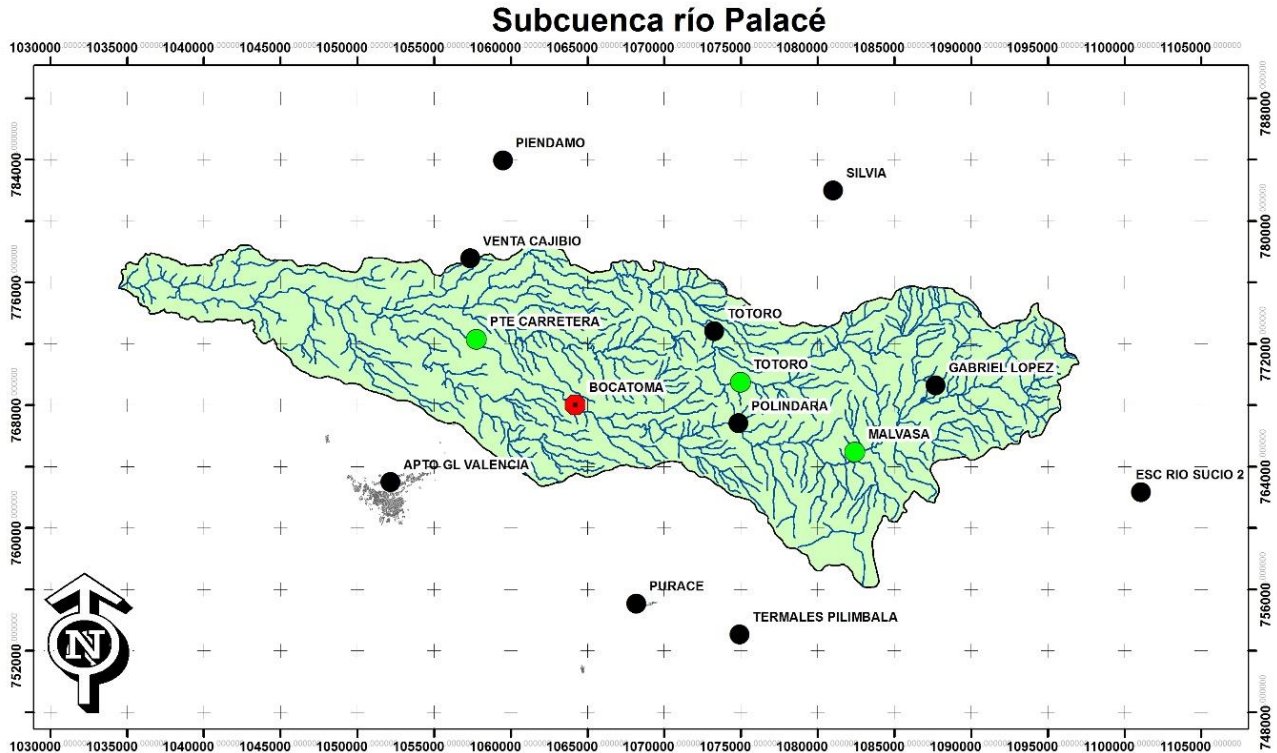
Respecto a los conflictos por uso del suelo en la parte alta de la subcuenca río Palacé, Muñoz, F & Pérez, E. 2016 en el artículo “Conflictos de uso del suelo en la frontera agrícola y áreas del páramo del municipio de Totoró, Cauca”, evidencian que en la región alto andina ubicada en la zona de transición entre la frontera agrícola y las áreas de conservación, los conflictos en el uso del suelo son generados por la actividad económica del sector agrícola que ha traspasado esta frontera generando desequilibrios en el sistema natural del suelo y del ciclo hidrológico.

Respecto al abastecimiento de agua según (Dávila et al, 2020) a nivel de provisión municipal e interveredal las principales fuentes de abastecimiento de la subcuenca Palacé corresponden en primer lugar al río Palacé que abastece la ciudad de Popayán, seguido de la quebrada Piedras con un abastecimiento de aproximadamente 5000 usuarios de cabildos indígenas de los pueblos de Polindara, Jebalá, Guambia y Totoró, luego está el río Cofre como fuente de abastecimiento del municipio de Totoró y río Michicao que abastece la cabecera municipal de Cajibío. Respecto al abastecimiento veredal y/o comunitario en la parte alta de la cuenca Palacé se identifican seis soluciones de agua y un distrito de riego que cuentan en total con 680 usuarios.

La subcuenca río Palacé cuenta con estaciones hidrológicas y climatológicas a cargo del IDEAM, con información de más de treinta años de registros, lo cual es importante para analizar la climatología a nivel de región. La poca densidad de las estaciones en el área de la subcuenca no permite analizar las variables climáticas a menor escala o a nivel de predio. Es importante mencionar que para la parte alta solo se cuenta con una estación IDEAM, Gabriel López, por esto en el marco del proyecto se plantea la creación de una red comunitaria de monitoreo climático local que consiste en la implementación de instrumentos para la medición diaria de variables como la precipitación, temperatura y Humedad.

A continuación, se presenta la red de estaciones IDEAM para el área de la subcuenca río Palacé.

Estaciones pluviométricas e hidrológicas con influencia en la subcuenca río Palacé.



Legenda

- Estación Hidrológica
- Estacion Meteorológica
- Bocatoma Palacé



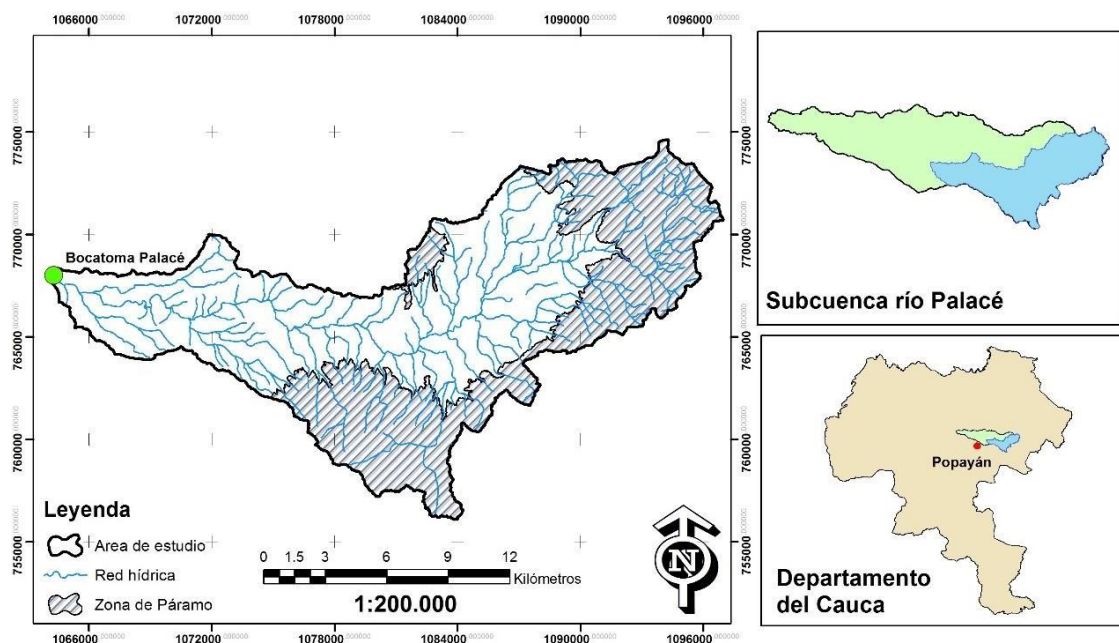
1:300.000

Fuente cartografía: IGAC

3. DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio corresponde al área hidrográfica de la Bocatoma Palacé que cuenta 23893.09 Ha de las cuales 9977.69 Ha corresponden a zona de Páramo (41.76 %) según la delimitación del Instituto Humbolt 2014. A continuación, se puede observar la zona de estudio.

Delimitación de la zona de estudio, área hidrográfica bocatoma Palacé



Fuente cartográfica IGAC

4. CARACTERIZACION CLIMATICA

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM cuenta con estaciones de monitoreo hídrico y climático con influencia en el área de estudio las cuales tienen más de treinta años de registros. En el siguiente cuadro se presenta la relación de estaciones.

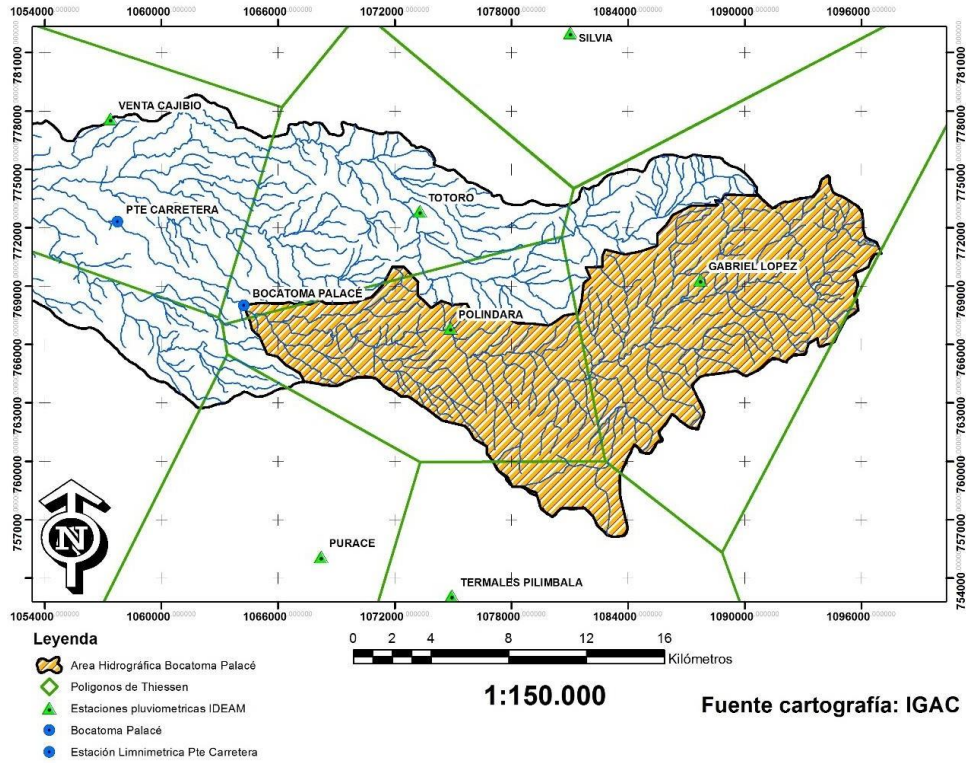
Estaciones con influencia en el área hidrográfica bocatoma Palacé

N°	CODIGO	NOMBRE	CLASE	MUNICIPIO	ALTITUD	LATITUD	LONGITUD	INSTALACIÓN	ESTADO
1	21050310	ESC RIO SUCIO 2	MET	INZA	2750	2°26'48.6"N	76°10'8.1"W	15/10/1983	ACTIVA
2	26025070	GABRIEL LOPEZ	MET	TOTORO	3000	2°30'35.2"N	76°17'20.6"W	15/06/1970	ACTIVA
3	26020320	TERMALES PILIMBALA	MET	PURACÉ	2900	2°21'47.1"N	76°24'14.6"W	15/10/1970	ACTIVA
4	26020460	POLINDARA	MET	TOTORO	2470	2°29'15.1"N	76°24'16.9"W	15/10/1984	ACTIVA
5	26020130	TOTORO	MET	TOTORO	2500	2°32'30.6"N	76°25'7.7"W	15/10/1985	ACTIVA
6	26027240	MALVASA	HID	TOTORO	2850	2°28'14.9"N	76°10'12.3"W	15/05/1961	ACTIVA
7	26027200	PUENTE CARRETERA	HID	POPAYAN	1726	2°32'10.5"N	76°33'29.5"W	15/10/1969	INACTIVA

Con el fin de analizar la representatividad de las estaciones climáticas en el área hidrográfica bocatoma Palacé se realizaron los polígonos de Thiessen de donde se obtuvo que tan solo dos estaciones son las de mayor influencia; en la parte alta sobre los 3000 msnm la estación Gabriel López con un 53.4% y para la parte media y baja la estación Polindara con un 39.51%, otras estaciones como Termales de Pilimbalá, Rio Sucio 2 y Totoró representan bajas representatividad en el área de estudio.

En la siguiente figura y cuadro se observan los resultados.

Estaciones climáticas en área de estudio

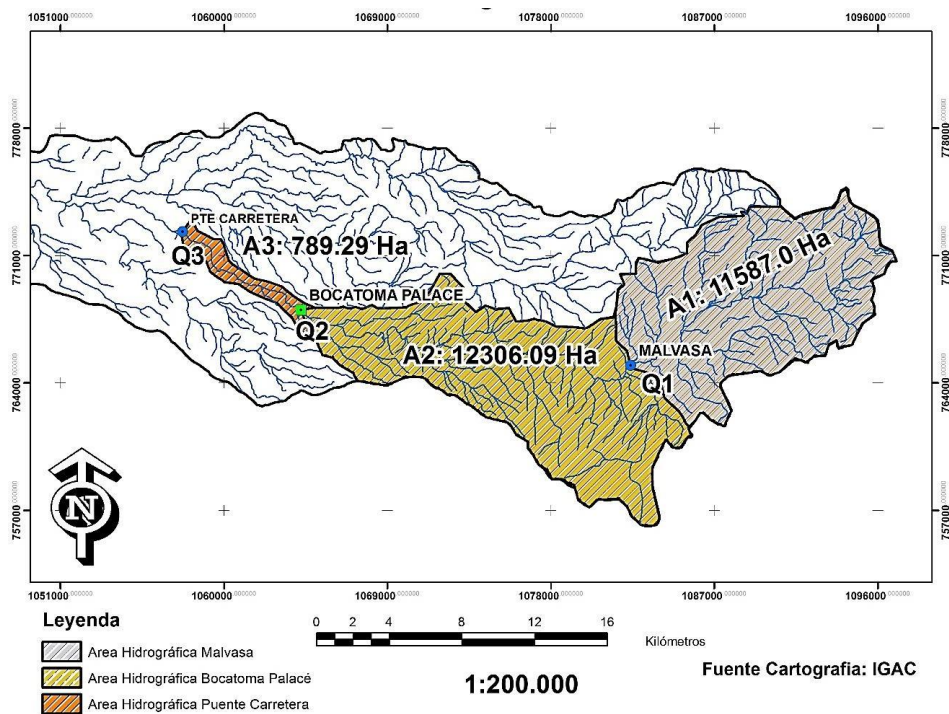


Porcentaje de influencia de las estaciones climáticas en el área de estudio

ESTACION CLIMATICA	% ÁREA DE INFLUENCIA
GABRIEL LOPEZ	53.40
POLINDARA	39.51
TERMALES PILIMBALA	6.19
TOTORO	0.76
ESC RIO SUCIO 2	0.14
TOTAL	100

Respecto a la información hídrica en el punto de cierre del área hidrográfica bocatoma Palace no existen reportes históricos de caudales del río, pero en la parte alta se encuentra la estación limnimétrica Malvasá que tiene un área aferente de 11587 Ha y aguas abajo del sitio de interés se encuentra la estación Limnimétrica Puente Carretera, los caudales en el punto Bocatoma Palace se determinaron por trasposición de áreas.

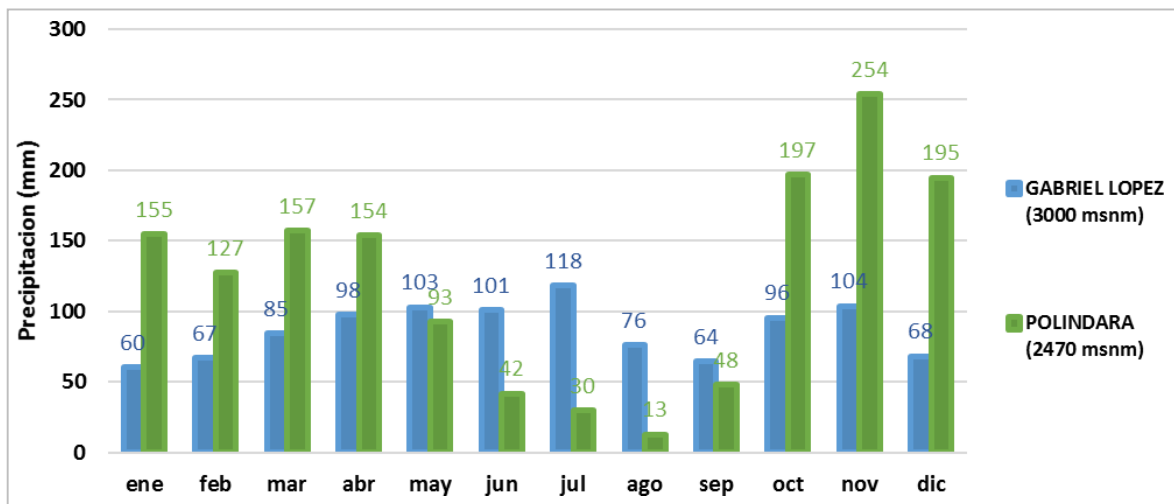
Áreas hidrográficas



4.1 PRECIPITACION

Localmente, la cantidad de precipitación está determinada por los sistemas de nubosidad, condicionados por la altitud, la orientación de las montañas y la actividad convectiva del lugar (Jaramillo, 2005). La cantidad de lluvia se expresa en mm, que equivalen a 1 L/m². A continuación se presentan la distribución de la precipitación mensual promedio (1985 - 2016) para las estaciones que tienen mayor representatividad en el área de estudio bocatoma Palace.

Precipitación promedio mensual (1985 – 2016)



La estación Gabriel con el mayor porcentaje de influencia en la zona de estudio (53.4%) y localización en la parte alta sobre los 3000 msnm presenta a nivel general los volúmenes de precipitación más bajos, se observan dos temporadas húmedas de abril hasta julio y en octubre y noviembre; y dos temporadas donde se reduce la humedad en agosto y septiembre y de diciembre hasta febrero.

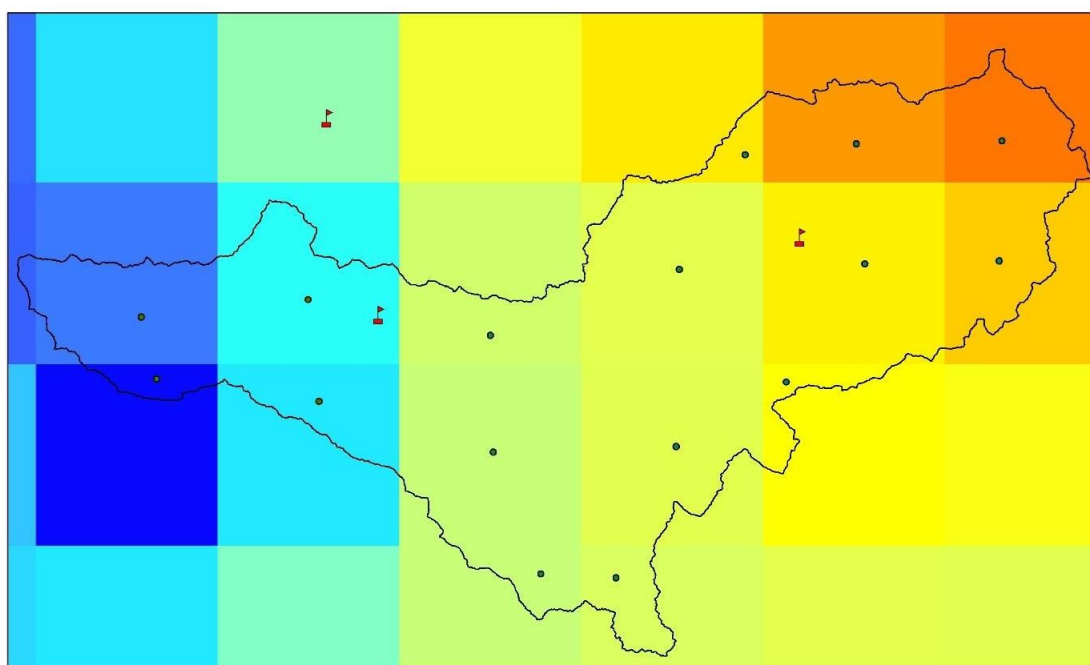
Por su parte la estación Polindara que presenta el segundo porcentaje más alto de influencia en la zona de estudio (39.5%) y que esta sobre los 2470 msnm, presenta dos temporadas húmedas de enero a abril y de octubre a diciembre, con una temporada con menos humedad de junio a septiembre.

En general se evidencian dos condiciones climáticas diferentes la estación Gabriel con una precipitación total anual de 1039 milímetros representa las características propias del páramo y la estación Polindara con 1464 milímetros representa las características del piso térmico frío.

Respecto al análisis espacial de la precipitación se tomaron datos del repositorio Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS) Estos

datos corresponden a reanálisis que hacen referencia a una descripción numérica del clima, a partir de la combinación de modelos con la recopilación de observaciones en diferentes centros meteorológicos a nivel mundial y datos de satélite, esta base de datos es utilizada a nivel mundial por diferentes centros de operaciones climáticas al igual que el IDEAM (IDEAM, 2018). Es la siguiente figura se puede observar las diferentes estaciones teóricas de precipitación media anual para el periodo 1985 – 2016 a partir de la base CHIRPS y las estaciones IDEAM para la zona de estudio.

Ubicación de estaciones teóricas a partir de la base CHIRPS

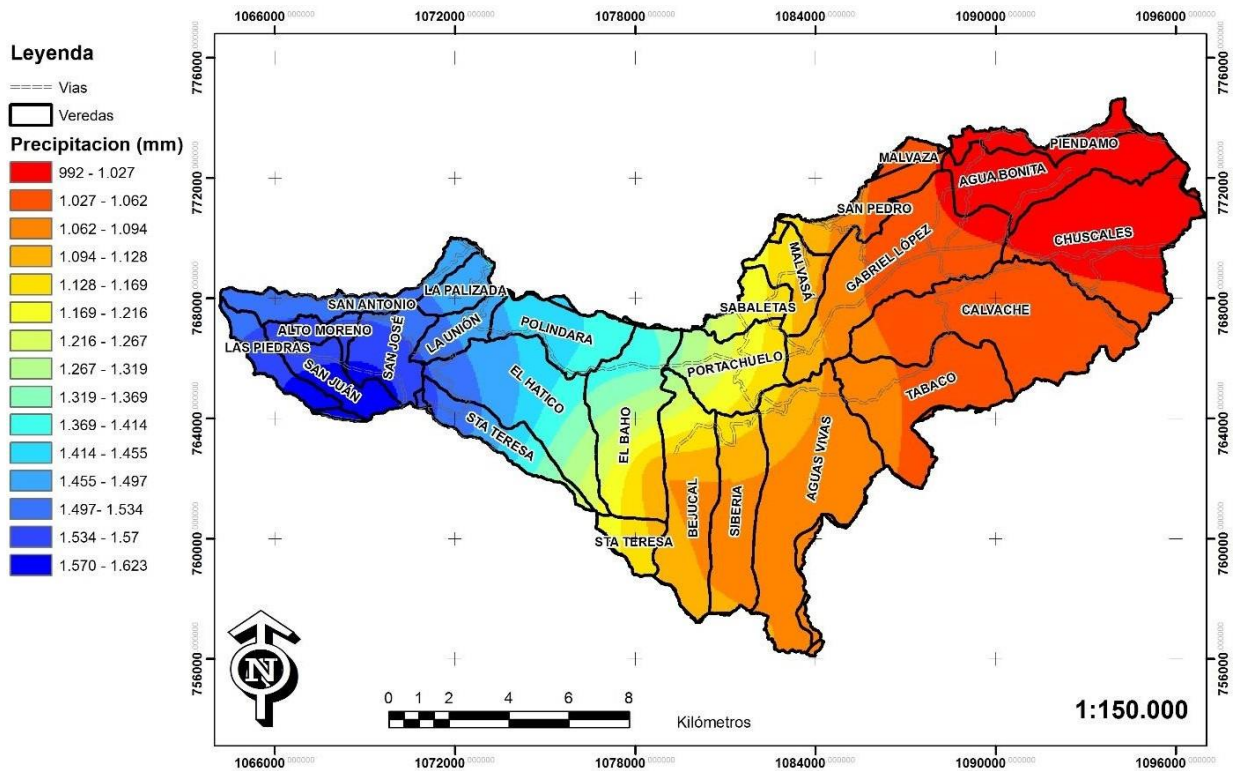


Leyenda

- Estaciones Teóricas
- 🚩 Estaciones IDEAM

Con la base CHIRPS se obtienen 16 estaciones teóricas en el área hidrográfica bocatoma Palacé, lo cual permite robustecer la información de precipitaciones.

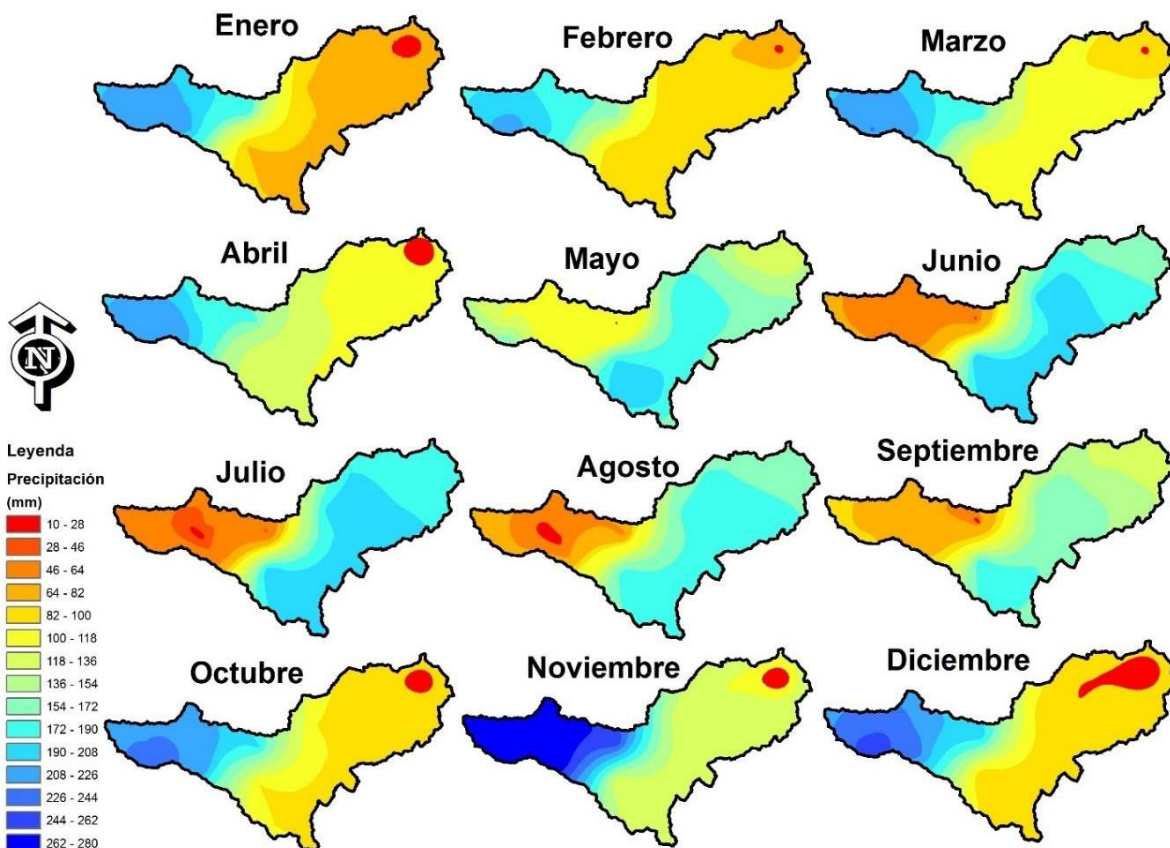
Precipitación media anual (1985 – 2016).



Fuente Cartográfica IGAC

Se evidencia que en la parte alta, por encima de los 3000 msnm, las precipitaciones anuales son las más bajas del área de estudio, con valores entre 992 y 1169 milímetros. En la parte media y baja los aportes de humedad tienden a incrementar hasta los 1623 milímetros. El valor medio anual de precipitación para el área hidrográfica de la Bocatoma Palacé es de 1179 milímetros.

Precipitación media mensual (1985 - 2016)



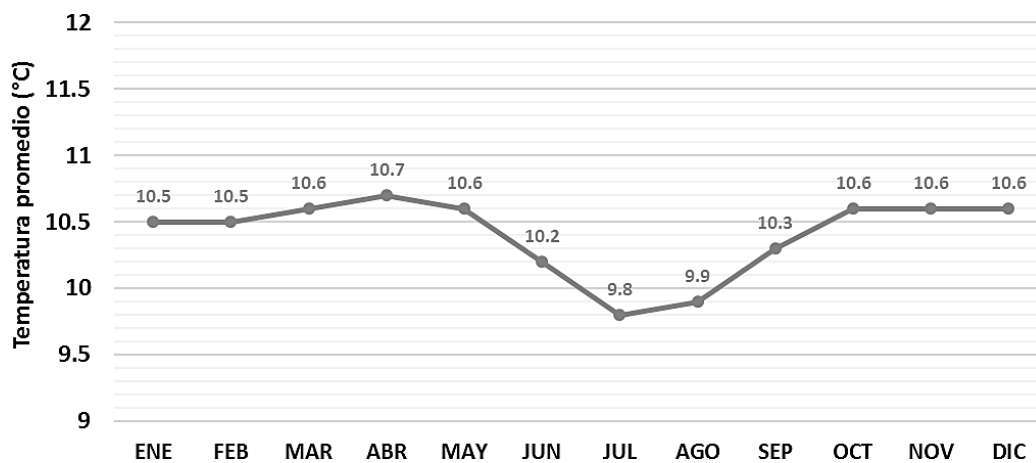
Espacialmente la concentración de precipitaciones en el área hidrográfica bocatoma Palacé presenta variaciones, en general los mayores volúmenes de lluvias se concentran hacia la parte baja mientras que en la zona de páramo predominan bajas precipitaciones; pero este comportamiento se invierte en los meses de junio, julio, agosto y septiembre, los volúmenes de lluvias se reducen en la parte baja mientras que en la zona de paramo se incrementan.

4.2 TEMPERATURA

La temperatura es proporcional a la fluctuación de la radiación total incidente (Jaramillo, 2005). La latitud, la altitud, las corrientes marinas, los vientos, la nubosidad, el relieve, la convección y la turbulencia del aire son algunos de los factores que la afectan. (Murthy, 2002).

En el área de estudio la estación Gabriel López del IDEAM es la única que cuenta con registros de temperatura desde el año 1973, se localiza sobre la parte alta a 3000 msnm, a continuación, se presentan los valores de temperatura media mensual para el periodo 1985 – 2016.

Temperatura media mensual, estación Gabriel López (1985 - 2016)



Según los reportes de temperatura en la zona de Gabriel López que corresponde a la parte alta del área hidrográfica bocatoma Palacé, la temperatura media oscila entre 9.8 y 10.7 °C. Desde el mes de febrero hasta abril la temperatura tiende a incrementarse de 10.5 hasta 10.7 °C, pero para los meses de junio, julio y agosto se alcanzan los valores más bajos esto se debe a que en el territorio durante estos meses se presenta “páramo” que según los pobladores corresponde a una llovizna menuda pero persistente y que además se caracteriza esta temporalidad por bajas temperaturas durante el todo el día.

Los registros de temperatura para el área hidrográfica de la bocatoma Palacé no son suficientes, debido a esto se realizó la estimación de la temperatura mensual por el método del gradiente altitudinal mediante una regresión lineal utilizando un Modelo de Elevación Digital (DEM) de 12.5 metros de resolución.

Las ecuaciones utilizadas para la estimación de la temperatura promedio mensual corresponden a los resultados del proyecto “Vulnerabilidad y riesgo en sistemas de

agua potable en el Cauca” de AQUA RISC, donde dichas ecuaciones del gradiente altitudinal corresponden al análisis de 20 estaciones climáticas localizadas en 12 cuencas que en su mayoría están en la parte oriental del departamento del Cauca, con cobertura del área hidrográfica bocatoma Palacé. Las ecuaciones para el cálculo del gradiente altitudinal se observan en el siguiente cuadro.

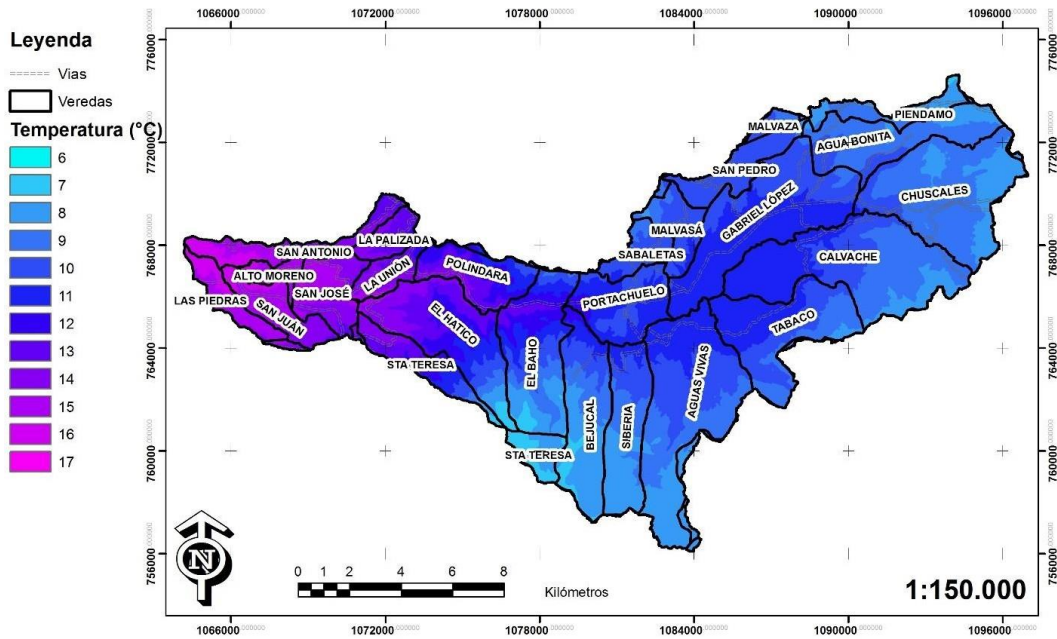
Gradiente altitudinal mensual

Enero	Temp=-0.0055(Altitud)+28.113
Febrero	Temp=-0.0056(Altitud)+28.374
Marzo	Temp=-0.0056(Altitud)+28.417
Abril	Temp=-0.0055(Altitud)+28.362
Mayo	Temp=-0.0055(Altitud)+28.269
Junio	Temp=-0.0055(Altitud)+28.311
Julio	Temp=-0.0057(Altitud)+28.643
Agosto	Temp=-0.0058(Altitud)+28.967
Septiembre	Temp=-0.0056(Altitud)+28.544
Octubre	Temp=-0.0055(Altitud)+28.023
Noviembre	Temp=-0.0054(Altitud)+27.653
Diciembre	Temp=-0.0054(Altitud)+27.766

Fuente: AQUA RISC, 2018

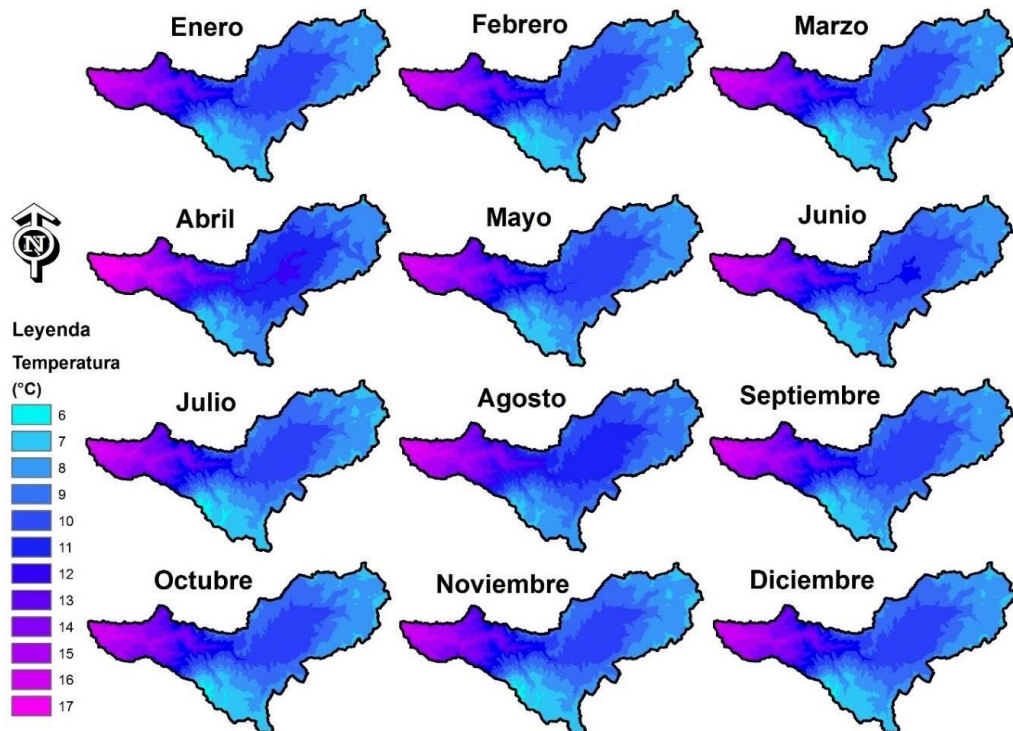
En la siguiente figura se observan los valores de temperatura media anual para el área de estudio

Temperatura media anual en el área de estudio (1985 – 2016).



Fuente Cartográfica: IGAC

Temperatura media mensual en el área de estudio (1985 – 2016).



Para el área de estudio las temperaturas en promedio oscilan entre 6 y 17°C, en la parte alta zona de paramo las temperaturas más bajas se dan durante los meses de reducción de humedad que corresponden a diciembre, enero, febrero y marzo, durante los cuales son más recurrentes las heladas que corresponden a temperaturas bajo cero que causan daños en los sistemas productivos. Para la parte baja las temperaturas medias se incrementan para los meses de junio a septiembre, que corresponde a la temporada de déficit hídrico

4.3 CLASIFICACION CLIMATICA

La clasificación climática está basada en el comportamiento medio de parámetros como la precipitación y la temperatura; entre las más conocidas figuran las clasificaciones de Caldas, Lang y Caldas Lang. La clasificación de Caldas considera la división en pisos térmicos y la variable temperatura (Vélez et al, 2015), como se observa en el siguiente cuadro.

Clasificación climática Caldas

Piso Térmico	Símbolo	Rango altura (m)	Temperatura (°C)
Cálido	C	< 1000	> 24
Templado	T	1001 – 2000	24 > T > 17.5
Frío	F	2001 – 3000	17.5 > T > 12
Páramo bajo	Pb	3001 – 3700	12 > T > 7
Páramo alto	Pa	3701 – 4200	< 7

La clasificación Lang por su parte tiene en cuenta el factor de Lang, calculado como la relación entre la precipitación anual en mm y la temperatura en °C.

Clasificación climática de Lang

Tipo de clima	Símbolo	Factor de Lang (P/T)
Desértico	D	0 – 20
Árido	A	20.1 - 40
Semiárido	sa	40.1 – 60
Semihúmedo	sh	60.1 – 100
Húmedo	H	100.1 – 160
Superhúmedo	SH	> 160

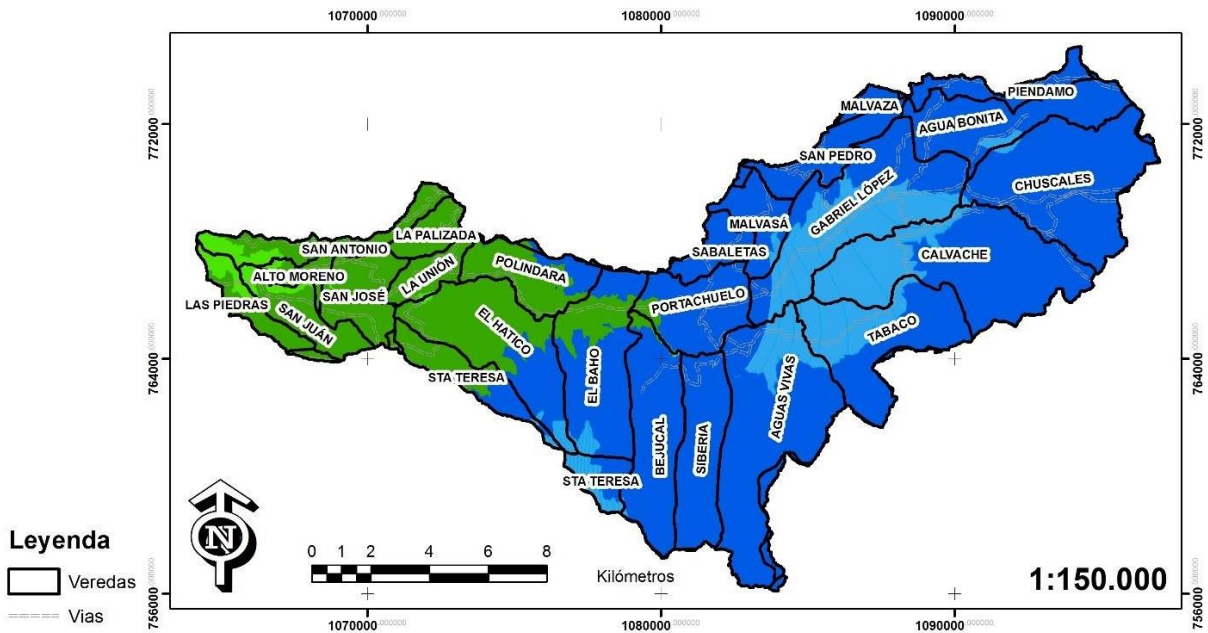
Las Clasificación Caldas- Lang fue propuesta por Schaufleberguer, a partir de las anteriores y por tanto considera la altitud, la temperatura media anual y la precipitación total media anual. (Vélez et al, 2015)

Clasificación climática de Caldas-Lang

Tipo climático	Símbolo	P/T	Altitud
Cálido Superhúmedo	CSH	> 160	0 – 1000
Cálido Húmedo	CH	100 – 160	0 – 1000
Cálido Semihúmedo	CsH	60 – 100	0 – 1000
Cálido Semiárido	Csa	40 – 60	0 – 1000
Cálido Árido	CA	20.1 – 40	0 – 1000
Cálido Desértico	CD	0 - 20	0 – 1000
Templado Superhúmedo	TSH	> 160	1000 - 2000
Templado Húmedo	TH	100 – 160	1000 – 2000
Templado Semihúmedo	Tsh	60 – 100	1000 – 2000
Templado Semiárido	Tsa	40 – 60	1000 – 2000
Templado Árido	TA	20.1 – 40	1000 – 2000
Templado Desértico	TD	0 - 20	1000 - 2000
Frio Superhúmedo	FSH	> 160	2000 - 3000
Frio Húmedo	FH	100 – 160	2000 – 3000
Frio Semihúmedo	Fsh	60 – 100	2000 – 3000
Frio Semiárido	Fsa	40 – 60	2000 – 3000
Frio Árido	FA	20.1 – 40	2000 – 3000
Frio Desértico	FD	0 - 20	2000 - 3000
Páramo Bajo Superhúmedo	PBSH	> 160	3000 – 3700
Páramo Bajo Húmedo	PBH	100 – 160	3000 – 3700
Páramo Bajo Semihúmedo	PBsh	60 – 100	3000 – 3700
Páramo Bajo Semiárido	PBsa	40 – 60	3000 – 3700
Páramo Alto Superhúmedo	PASH	20.1 – 40	3700 – 4200
Páramo Alto Húmedo	PAH	0 - 20	3700 – 4200

De acuerdo con la metodología de Caldas-Lang en el área de estudio predomina la condición de Paramo bajo húmedo y paramo bajo semihúmedo; y en menor proporción clima frio húmedo y frio semihúmedo.

Clasificación climática Caldas Lang



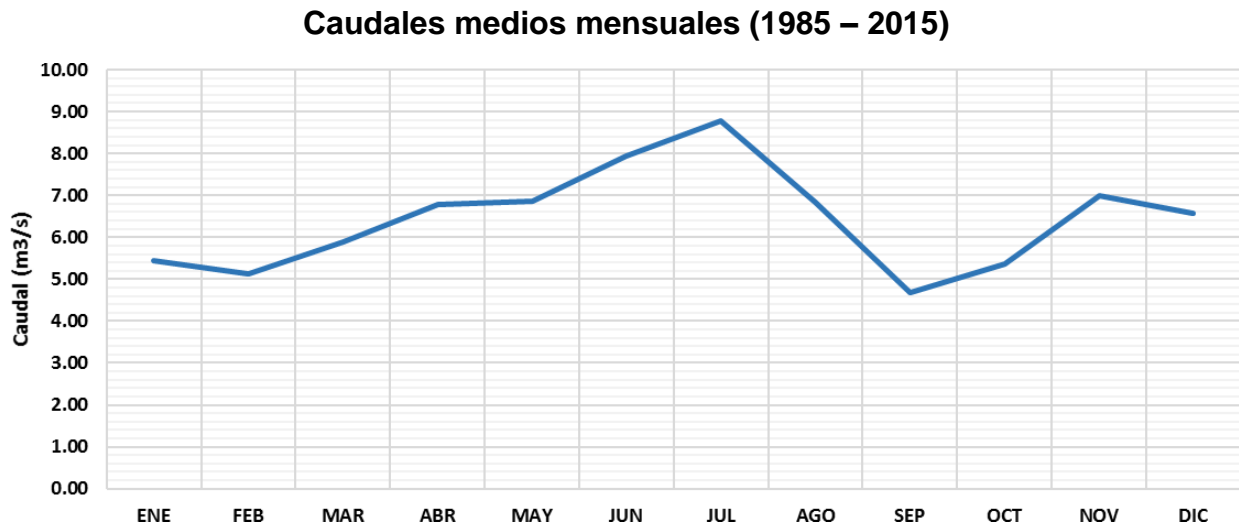
Clasificación Climática

Fuente Cartográfica: IGAC

- Páramo bajo Húmedo (PbH)
- Páramo bajo semi húmedo (Pbsh)
- Frio Húmedo (FH)
- Frio semi húmedo (Fsh)

4.4 CAUDALES

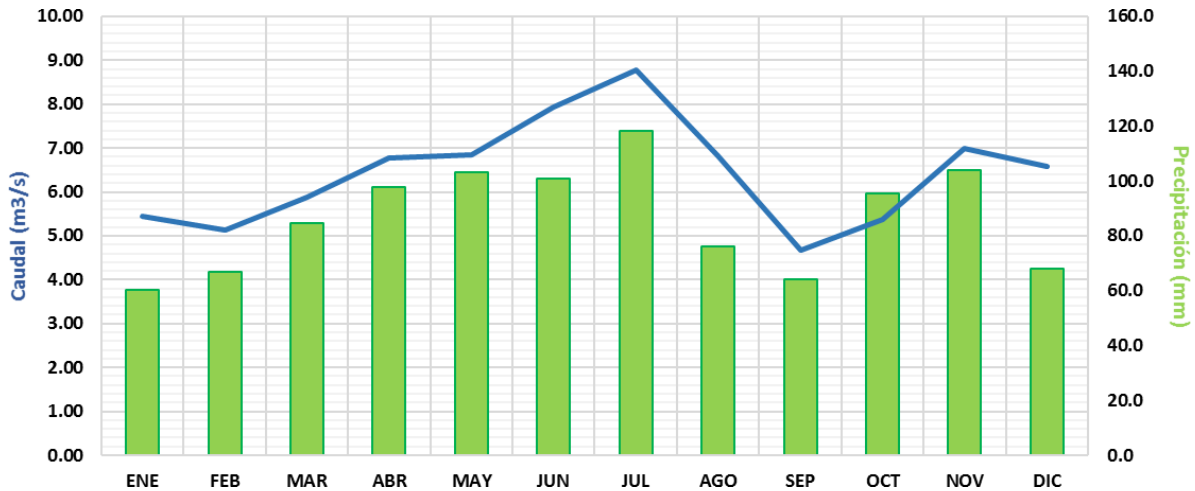
A partir del cálculo por trasposiciones de áreas entre bocatoma Palacé y estación limnimétrica Puente Carretera corriente Palacé, se obtuvieron los caudales en el sitio de interés Bocatoma Palacé. A continuación, se muestran los resultados para el periodo de registros desde 1985 hasta 2015.



Para el periodo de análisis 1985 – 2015 el caudal medio histórico mensual es de 6.44 m³/s y según el gráfico los caudales mensuales presentan los valores más altos durante los meses de junio y julio con 7.93 y 8.79 m³/s, esto muestra que la respuesta hidrológica del área de estudio está asociada más al comportamiento de las precipitaciones en la parte alta, porque durante estos meses los registros pluviométricos de la estación Gabriel alcanzan sus valores más altos del año, a esta temporalidad los pobladores de la zona la denominan como “páramo” que consiste en una lluvia con gotas de dimensión muy pequeña, pero que persiste durante prologados periodos de tiempo, generando aporte hídrico importante para los suelos y para la escorrentía.

Por otra parte, se destaca el mes de septiembre con el caudal medio más bajo 4,67 m³/s, así como los meses de octubre, enero y febrero con 5.37, 5.44 y 5.13 m³/s respectivamente que corresponden a bajas precipitaciones en la parte alta de la zona de estudio. Este comportamiento se puede observar en el siguiente gráfico, donde se comparan los caudales medios mensuales en Bocatoma Palace y las precipitaciones medias mensuales de la estación Gabriel López que representa la parte alta del área hidrográfica.

Caudales medios y precipitación (1985 – 2015)



5. VARIABILIDAD CLIMATICA ASOCIADA AL CICLO ENOS

En Colombia, el clima está determinado por la ubicación del país en la zona tropical y por factores geográficos y atmosféricos como la precipitación, la intensidad de radiación solar, la temperatura, los sistemas de vientos, la altitud, la continentalidad y la humedad atmosférica. En climatología se utilizan los valores promedios para definir y comparar el clima. La normal climatológica es una medida utilizada con este propósito y representa el valor promedio de una serie continua de observaciones de una variable climática, durante un periodo de por lo menos 30 años. Es así como en diferentes años, los valores de las variables climatológicas fluctúan por encima o por debajo de la normal climatológica. La secuencia de estas oscilaciones, alrededor de los valores normales, se conoce como variabilidad climática y a la diferencia entre el valor registrado de la variable y su promedio se le conoce como anomalía (IDEAM, 2005).

El clima varía naturalmente en diferentes escalas de tiempo y espacio; dentro de las escalas temporales de la variabilidad climática se tiene, la escala estacional, interanual e interdecadal que se consideran las de mayor importancia en la determinación y modulación de procesos atmosféricos:

Escala estacional: A esta fase corresponde la fluctuación del clima a escala mensual. La determinación del ciclo anual de los elementos climáticos es una fase fundamental dentro de la variabilidad climática a este nivel. En latitudes medias, la secuencia de las estaciones de invierno, primavera, verano y otoño es algo común

para los habitantes de dichas regiones, en tanto que, en latitudes tropicales, lo frecuente es la alternancia de temporadas lluviosas y temporadas secas. (Montealegre, 2009).

Escala interanual: A esta escala corresponden las variaciones que se presentan en las variables climatológicas de año en año. Normalmente percibimos que la precipitación de la estación lluviosa en un determinado lugar no siempre es la misma de un año a otro, sino que fluctúa por encima o por debajo de lo normal. Ejemplos típicos de la variabilidad climática interanual corresponden a los fenómenos enmarcados dentro del ciclo El Niño

- La Niña - Oscilación del Sur, ENSO y la Oscilación Cuasibienal, la cual corresponde a una oscilación de largo plazo en la dirección del viento zonal de la baja y media estratosfera ecuatorial, con un período irregular que varía entre 20 y 35 meses; en cada lapso se alternan los vientos de componente Este con los del Oeste. (Montealegre, 2009).

Escala Interdecadal: En esta escala se manifiestan fluctuaciones del clima a nivel de décadas. Comparativamente con la variabilidad interanual, la amplitud de estas oscilaciones es menor. Ésta es una de las razones por las cuales este tipo de variabilidad pasa inadvertida para el común de la gente (Montealegre, 2009).

5.1 CICLO ENOS

El ciclo ENOS (El Niño Oscilación del Sur) es un patrón climático recurrente que implica cambios en la temperatura de las aguas superficiales del Océano Pacífico tropical en la parte central y oriental; en sus fases cálida y fría es uno de los forzantes con mayor influencia sobre la variabilidad interanual del clima y del recurso hídrico en Colombia. Una gran porción del territorio es sensible a sus efectos de disminución o aumento de la oferta y de amenaza de eventos, como inundaciones y sequías. (ENA, 2010).

La temperatura superficial del Océano Pacífico a través de los años oscila entre condiciones extremas cálidas El Niño y frías La Niña, a ellos están asociados los episodios más conocidos de desabastecimiento de agua para el sector energético del país y las frecuentes inundaciones del Magdalena. (IDEAM, 2010).

La presencia de aguas anormalmente cálidas en el sector central y oriental del Océano Pacífico tropical, es lo que comúnmente se conoce como Fenómeno El Niño. (IDEAM, 2010). El nombre de este fenómeno se refiere al hecho de que pescadores artesanales identificaron la ocurrencia estacional de agua inusualmente cálida en las costas del Perú. Esta agua más cálida solía aparecer alrededor de la

festividad de la Navidad. Por este motivo, los pescadores decidieron referirse a este fenómeno denominándolo “la corriente de El Niño”, haciendo referencia al recién nacido Niño Jesús. (MATURANA, BELLO y MANLEY, 2002).

A diferencia de La Niña que es un enfriamiento de las aguas marinas, EL NIÑO es el fenómeno opuesto y consiste en que las aguas normalmente frías que hacen presencia en la costa de Ecuador, Perú, el Pacífico central y Oriental se calientan en un proceso que toma varios meses y que en algunos casos puede dar marcha atrás. (IDEAM, 2005).

Durante un episodio El Niño la diferencia de presiones este-oeste se hace tan pequeña que los alisios colapsan en el pacífico occidental y en consecuencia cesa la fuerza de arrastre que la atmósfera impone al océano sobre su capa superficial, iniciándose el desplazamiento de las aguas cálidas desde el Oeste hacia el Este (de Australia a América) en forma de una onda, comúnmente denominada onda Kelvin ecuatorial, que tiene una longitud de varios miles de kilómetros y una amplitud de unos 20 a 30 centímetros. Esta onda, cruza el Pacífico tropical, en un lapso de 50 a 60 días, hasta llegar a la costa de Suramérica, esto provoca el hundimiento de la termoclina frente a Suramérica con lo que se impide que afloren a la superficie las corrientes frías que arrastran nutrientes del fondo (Ramage, 2001).

Dentro de la evolución típica de un fenómeno El Niño es posible identificar las siguientes fases: inicio, desarrollo, madurez y debilitamiento.

La **fase inicial** es el desplazamiento de aguas cálidas desde el sector occidental del Pacífico tropical hacia la zona cercana a la línea de cambio de fecha (los 180° de longitud). No obstante, en esta etapa, otros procesos oceánicos y atmosféricos pueden revertir el proceso iniciado.

En la **fase de desarrollo** continúa el desplazamiento de las aguas cálidas hacia el oriente a través del Pacífico tropical.

En la **fase de madurez** es posible encontrar el máximo calentamiento de la superficie del mar en el sector oriental del Pacífico tropical frente a las costas de Perú, Ecuador y Colombia.

Finalmente, en la **fase de debilitamiento** se presenta la disminución del calentamiento de las aguas del Pacífico tropical oriental hasta llegar a condiciones cercanas a las normales (IDEAM, 2005).

En el caso de Colombia, El Niño modifica las temporadas invernales reduciendo la cantidad total de lluvia que se presenta en los departamentos del Caribe y de la región Andina, principalmente. Al llegar la temporada seca de bajos volúmenes de lluvia, el déficit de precipitación se hace mayor, esto lógicamente incide en una disponibilidad menor del recurso hídrico que ante una demanda creciente puede

generar problemas relacionados con el abastecimiento para consumo, uso industrial o agrícola y para la generación de energía. (IDEAM, 2005).

La Niña se refiere a las condiciones frías extremas que recurrentemente se presentan en los sectores central y oriental del Pacífico tropical; en el período en que tiene presencia éste fenómeno, se registran excedentes de precipitación (entre 20 y 40% de los valores normales) en forma muy localizada en áreas del nororiente, centro y sur de la región Andina y el nororiente de la región Caribe. Núcleos muy puntuales de excedentes severos (mayores del 40%) se registran en La Guajira, norte del Magdalena, los Santanderes, Cundinamarca y un sector fronterizo entre Tolima y Valle. (IDEAM, 2010).

El Niño y La Niña han sucedido en la Tierra desde hace miles de años son los fenómenos de la mayor variabilidad climática interanual en la zona tropical y tienen influencia directa en el país en la generación de eventos extremos de temperatura y precipitación. Cuando se presenta el fenómeno El Niño hay déficit moderado de precipitación (entre el 20 y el 40% en los volúmenes mensuales) en la región Caribe y la mayor parte de la región Andina, particularmente en Nariño, Cauca, Valle, norte del Huila, occidente de Antioquia, Tolima, Cundinamarca, Boyacá, Santander y la región del Catatumbo. Estas deficiencias son de carácter severo (superiores al 40%) en La Guajira, la parte media del litoral Caribe, el norte de Córdoba, el sector central de Sucre, el altiplano Cundiboyacense y el área limítrofe entre los Santanderes, como se menciona en los informes de evaluación del fenómeno de El Niño del IDEAM. (IDEAM, 2010).

Para determinar la ocurrencia e intensidad de un Evento ENOS, el Centro de Predicción Climática (CPC) de la Agencia Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos (NOAA) elaboró el Indicador Oceánico Niño (ONI), el cual se obtiene a partir del cálculo de una media móvil de tres meses de anomalías de la temperatura superficial del mar en la región central del océano Pacífico tropical. De esta manera un evento Niño corresponde a la secuencia de al menos 5 ONI consecutivos, cada uno con magnitud mayor o igual a 0,5°C; en un evento Niña la secuencia es de al menos 5 ONI consecutivos con magnitud igual o menor que -0,5°C. (Guevara Díaz, 2008).

Es importante destacar, que el valor del ONI, determina en buena parte la intensidad de cada evento; así la NOAA clasifica la intensidad de estos eventos de acuerdo al ONI, para un evento débil $0.5 \geq ONI \geq 0.9$, evento moderado $1.0 \geq ONI \geq 1.4$, evento fuerte $ONI \geq 1.5$. La clasificación de los eventos se cumple para los valores ONI mayores o iguales durante al menos tres meses consecutivos (NOAA, 2011).

De acuerdo con el Indicador Oceánico Niño (ONI) publicado por el Centro de Predicción Climática (CPC) de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) para el periodo comprendido entre 1970 a 2019, en total se han presentado 16 eventos el Niño y 15 eventos La Niña. Entre los eventos El Niño, 7 son categoría

débil, 2 moderados, 3 fuertes y 4 muy fuertes. Respecto a la Niña, 5 débiles, 4 moderados y 6 fuertes. Estas categorías se pueden observar en los siguientes cuadros.

Clasificación de eventos El Niño para el periodo 1970 a 2019

Clasificación eventos El Niño (1970 - 2019)					
Evento		Débil	Valor del ONI entre 0.5 y 0.9		
N°	Año	Inicio	Final	Duración	ONI clasificación
1	1969 - 1970	ago-69	ene-70	6	0.8
2	1976 - 1977	sep-76	feb-77	6	0.8
3	1977 -1978	sep-77	ene-78	5	0.8
4	1979 - 1980	oct-79	feb-80	5	0.6
5	2004 - 2005	jul-04	feb-05	8	0.7
6	2006 - 2007	sep-06	ene-07	5	0.8
7	2018 - 2019	oct-18	jun-19	9	0.8
Evento		Moderado	Valor del ONI entre 1.0 y 1.4		
1	1994 - 1995	sep-94	mar-95	7	1
2	2002 - 2003	jun-02	feb-03	9	1.2
Evento		Fuerte	Valor del ONI entre 1.5 y 1.9		
1	1986 - 1988	sep-86	feb-88	18	1.6
2	1991 - 1992	may-91	jun-92	14	1.6
3	2009 - 2010	jul-09	mar-10	9	1.5
Evento		Muy Fuerte	Valor del ONI mayor o igual a 2.0		
1	1972 - 1973	may-72	mar-73	11	2
2	1982 - 1983	abr-82	jun-83	15	2.2
3	1997 - 1998	may-97	may-98	13	2.4
4	2014 - 2016	nov-14	may-16	19	2.5
En total 16 eventos El Niño					

Clasificación de eventos La Niña para el periodo 1970 a 2019

Clasificación eventos La Niña (1970 - 2019)					
Evento		Débil	Valor del ONI entre - 0.5 y - 0.9		
N°	Año	Inicio	Final	Duración	ONI clasificación
1	1983 - 1984	sep-83	ene-84	5	-0.9
2	2005 - 2006	nov-05	mar-06	5	-0.8
3	2008 - 2009	nov-08	mar-09	5	-0.7
4	2016	ago-16	dic-16	5	-0.7
5	2017 - 2018	oct-17	mar-18	6	-0.9
Evento		Moderado	Valor del ONI entre - 1.0 y - 1.4		
1	1970 - 1972	jul-70	ene-72	19	-1.3
2	1984 -1985	oct-84	ago-85	11	-1
3	1995 - 1996	ago-95	mar-96	8	-1
4	2011 - 2012	jul-11	mar-12	9	-1.1
Evento		Fuerte	Valor del ONI entre - 1.5 y - 1.9		
1	1973 - 1974	may-73	jul-74	15	-1.6
2	1974 - 1976	0ct-74	abr-76	19	-1.6
3	1988 - 1989	may-88	may-89	13	-1.8
4	1998 - 2001	jul-98	feb-01	32	-1.6
5	2007 - 2008	jul-07	jun-08	12	-1.6
6	2010 - 2011	jun-10	may-11	12	-1.7
En total 15 eventos La Niña					

5.2 EFECTOS DEL ENOS EN LAS PRECIPITACIONES

Este análisis se realiza inicialmente para las estaciones IDEAM con mayor representatividad en el área de estudio, en este caso la estación Gabriel López ubicada en la parte alta a 3000 msnm y la estación Polindara en la parte media a 2470 msnm, posteriormente se determinan los efectos a nivel espacial.

Se analiza para cada estación la influencia de los fenómenos El Niño y La Niña en los valores de precipitación anual, para esto se utiliza la metodología del IDEAM para el cálculo de la anomalía de precipitación AP en porcentaje y sus categorías.

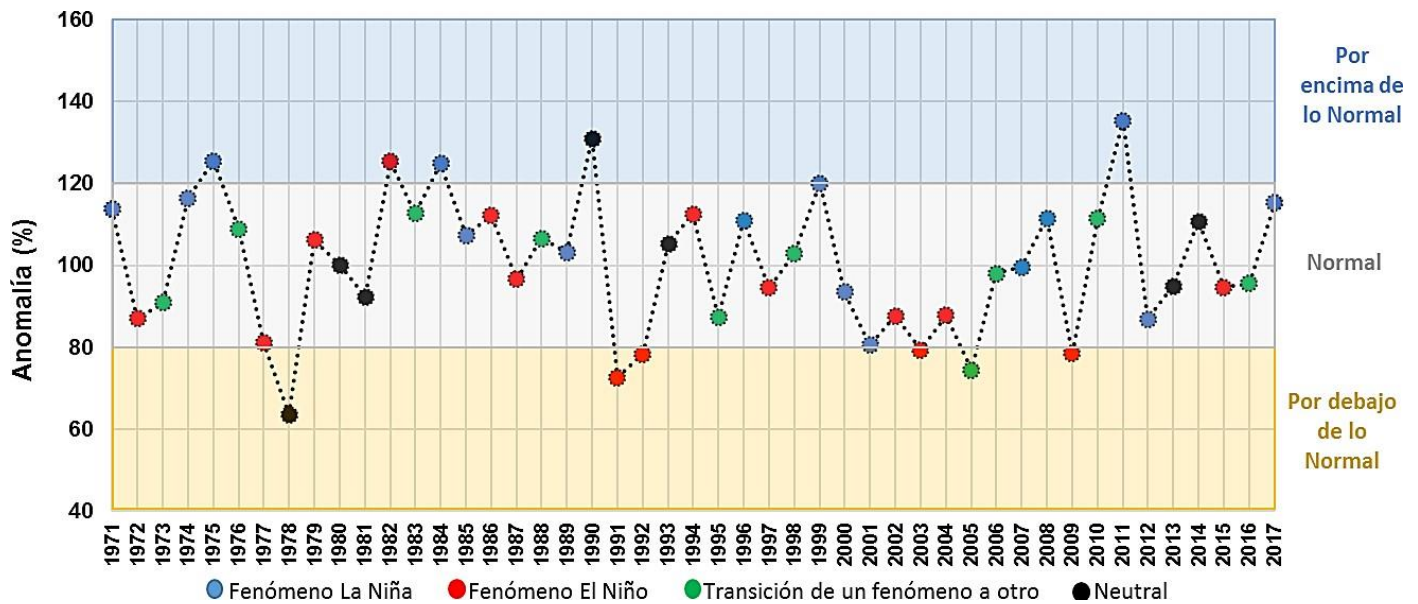
La AP se determina mediante la relación entre el valor de precipitación anual y el promedio para un periodo de referencia no inferior a 30 años multiplicado por 100. Las categorías de AP son:

Categorías de la anomalía de la precipitación

Porcentaje	Clasificación
0% a 40%	Muy por debajo de lo Normal
40% a 80%	Por debajo de lo Normal
80% a 120%	Normal
120% a 160%	Por encima de lo Normal
>160%	Muy por encima de lo Normal

A continuación, se presentan los resultados del análisis de AP para las estaciones Gabriel López y Polindara.

Análisis del ENOS en las anomalías porcentuales de la precipitación anual Estación Gabriel López.



En el gráfico anterior los círculos azules representan los años influenciados por el fenómeno La Niña, círculos rojos fenómeno El Niño, los círculos verdes quieren decir que durante el mismo año se presentaron dos fenómenos diferentes y los círculos negros representan años en condición neutral, es decir sin condiciones de Niño o Niña. Además, se agrupan en tres categorías, normal para anomalías entre

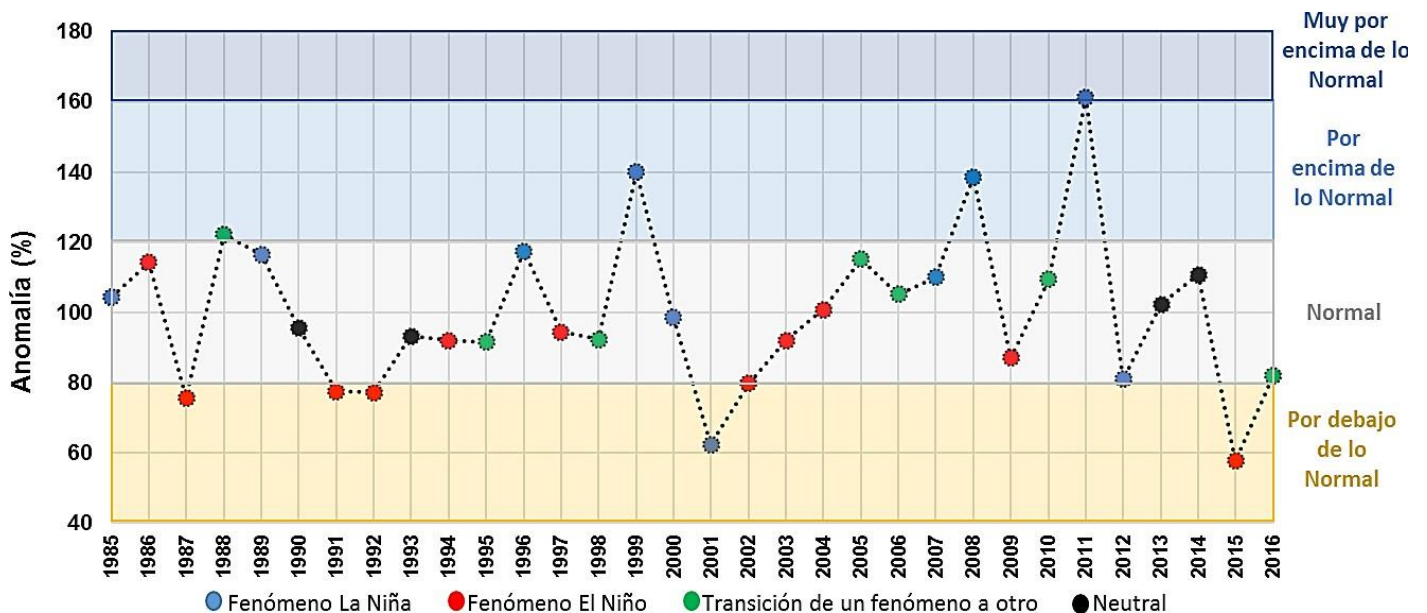
80% y 120%, por encima de lo normal para anomalías entre 120% y 160%, y por debajo de lo normal para anomalías entre 40% y 60%.

De acuerdo con el gráfico en la estación Gabriel López (3000 msnm) en la categoría de anomalías de las precipitaciones anuales por encima de lo normal se encuentran seis valores de los cuales cuatro (67%) corresponden a fenómeno La Niña (1975, 1999 y 2011 nivel fuerte; 1984 nivel moderado), un fenómeno El Niño en 1982 nivel muy fuerte y un evento neutral en 1990. En la categoría de anomalías por debajo de lo normal se encuentran seis valores en donde cuatro (67%) corresponden a fenómeno El Niño (1991 – 1992 y 2009 de nivel fuerte, 2003 nivel moderado), el año 2005 presentó afectación tanto del Niño a inicios de año como de la Niña al finalizar el año, y el año 1978 en el cual predominaron condiciones neutrales.

En general se puede observar que del total de años con afectación del fenómeno La Niña (15), solo el 27% (4 casos) generaron incrementos en las precipitaciones anuales hasta alcanzar el nivel de anomalía por encima de lo normal, además este es un comportamiento que tiende a repetirse entre cada 9 a 15 años. Por otro lado, del total de años con afectación del Niño (16), solo en el 25% (4 casos) se generaron reducciones de lluvia hasta alcanzar la categoría de anomalía por debajo de lo normal, aquí se destaca el año 1978 como el de mayor reducción en la precipitación anual y que corresponde a evento neutral.

En el siguiente gráfico se analizan los resultados para la estación Polindara (2470 msnm).

Análisis del ENOS en las anomalías porcentuales de la precipitación anual Estación Polindara.

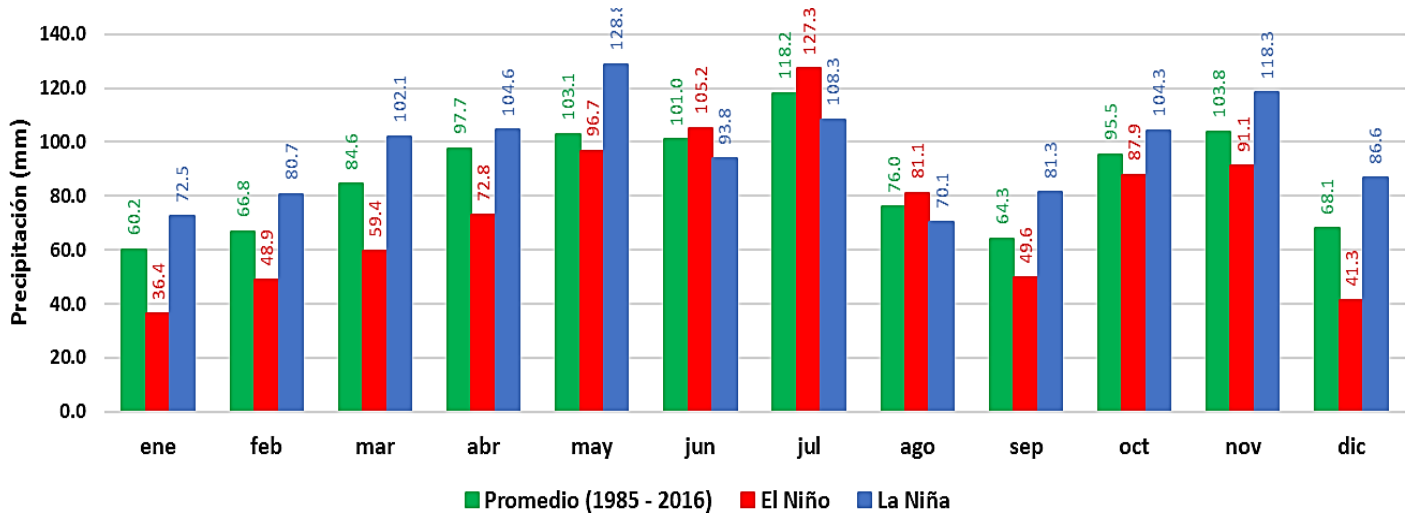


Según el gráfico en la estación Polindara (2470 msnm) en la categoría de anomalías “por encima de lo normal” se encuentran cuatro valores de los cuales uno alcanza la categoría “muy por encima de lo normal”, tres de estos valores (75%) corresponden a fenómeno La Niña (1999, 2008 y 2011 nivel fuerte), durante el año 1988 se da una transición del fenómeno El Niño hacia el fenómeno La Niña con mayor influencia de la Niña. En la categoría de anomalías por debajo de lo normal se encuentran seis valores en donde cinco (83%) corresponden a fenómeno El Niño (1987, 1991 – 1992 nivel fuerte, 2002 nivel moderado y 2015 nivel muy fuerte), el año 2001 presenta condiciones La Niña para los primeros meses y permanecen condiciones del ONI en promedio de -0.2.

En general se puede observar que del total de años con afectación del fenómeno La Niña (10), solo el 40% (4 casos) generaron incrementos en las precipitaciones anuales hasta alcanzar el nivel de anomalía por encima de lo normal y entre estos uno alcanza la categoría de muy por encima de lo normal. Por otro lado, del total de años con afectación del Niño (11), el 45% (5 casos) generaron reducciones de lluvia hasta alcanzar la categoría de anomalía por debajo de lo normal.

Para verificar los efectos del ENOS en las precipitaciones mensuales se comparan los promedios de los meses influenciados con eventos El Niño, La Niña y Neutro para el periodo 1985 a 2016. En el siguiente gráfico se analizan los datos de precipitación para la estación Gabriel López.

Análisis del ENOS en la precipitación media mensual Estación Gabriel López (1985 – 2016)



**Efectos del ENOS en porcentaje sobre la precipitación media mensual
estación Gabriel López (1985 – 2016)**

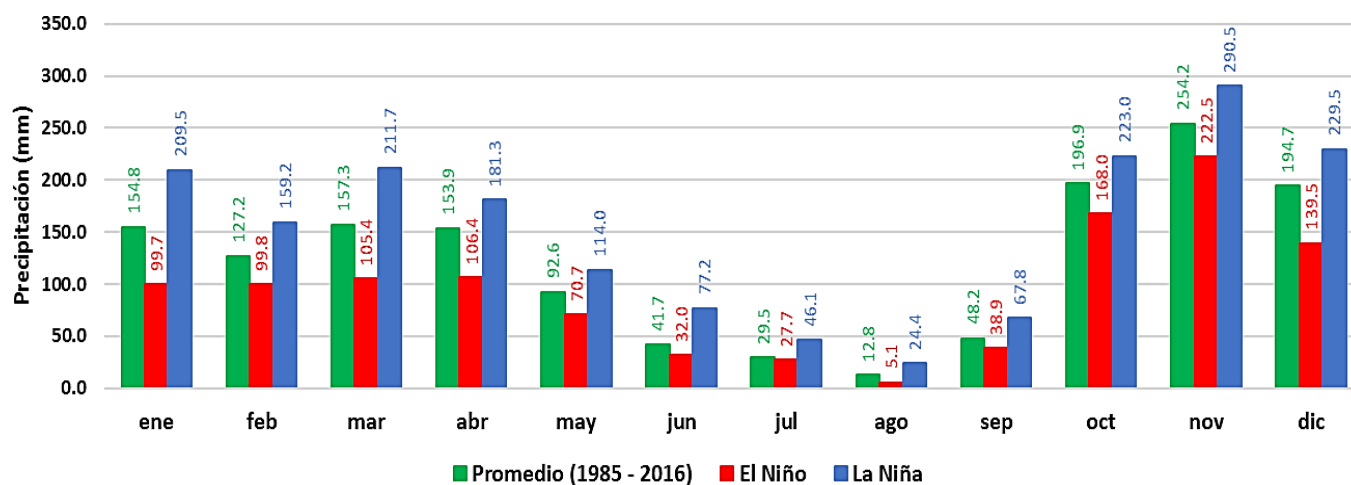
Gabriel López	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
El Niño (%)	-39.5	-26.8	-29.8	-25.5	-6.2	4.1	7.7	6.7	-22.8	-8.0	-12.2	-39.4
La Niña (%)	20.5	20.8	20.7	7.1	25.0	-7.2	-8.4	-7.8	26.5	9.2	14.0	27.1

Según la figura y el cuadro los efectos del fenómeno El Niño en la parte alta de la zona de estudio, corresponden en general a la disminución de las precipitaciones que se acentúan más en los meses de menor humedad como son de diciembre y enero con un porcentaje de reducción del 39%, en febrero, marzo, abril y septiembre presentan reducciones en las lluvias entre 22 y 29%. En los meses que para la zona corresponden a temporada de lluvias como son octubre y noviembre con afectación del fenómeno El Niño estas se reducen entre 8 y 12 % respectivamente. Durante los meses considerados de páramo como son junio, julio y agosto El fenómeno El Niño tiene un efecto inverso y tiende a aumentar las precipitaciones con porcentajes entre el 4 y 7%.

Por otra parte, el fenómeno La Niña genera incremento en las precipitaciones, que se acentúan más en los meses de menor humedad como son diciembre con un 27%, septiembre con un 26%, mayo 25%, enero, febrero marzo con 20%. En la época de Páramo se genera un efecto inverso, pues durante junio, julio y agosto La Niña tiende a reducir las precipitaciones entre un 7 y 8%.

En general se puede observar que en promedio para la parte alta los meses considerados de menor humedad son los más susceptibles a los efectos tanto del Niño en reducción de precipitaciones como de la Niña en incremento de precipitaciones y que durante los meses de paramo el efecto se invierte, pero en bajos porcentajes.

Análisis del ENOS en la precipitación media mensual Estación Polindara. (1985 – 2016).



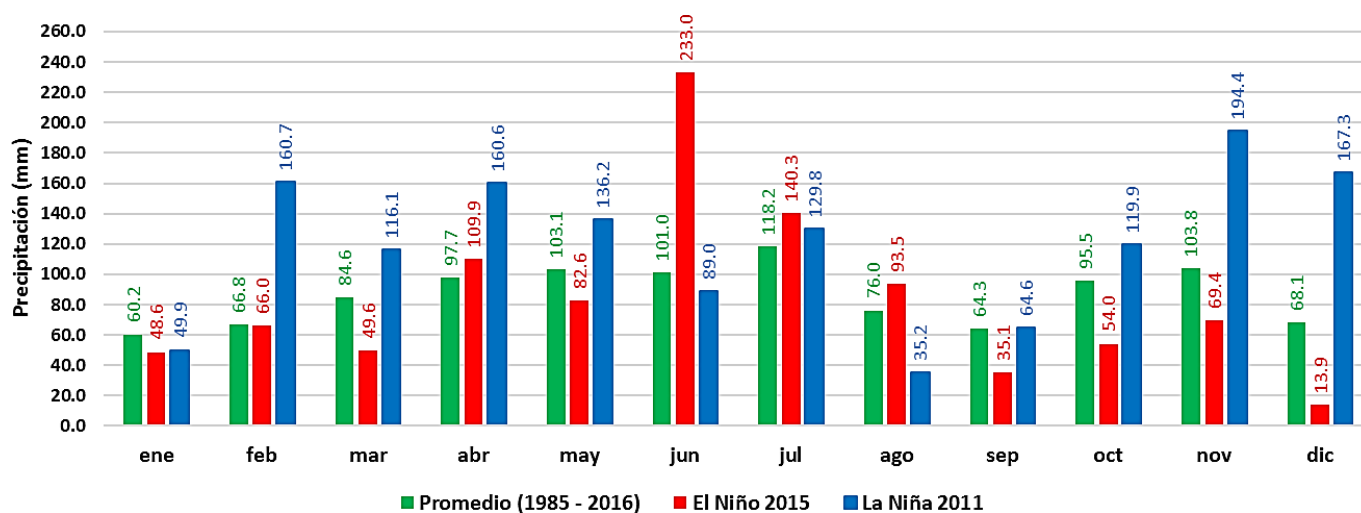
Efectos del ENOS en porcentaje sobre la precipitación media mensual estación Polindara (1985 – 2016).

Polindara	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
El Niño (%)	-35.6	-21.5	-33.0	-30.8	-23.6	-23.2	-6.2	-60.3	-19.3	-14.7	-12.5	-28.4
La Niña (%)	35.3	25.2	34.6	17.8	23.1	85.3	56.1	90.0	40.7	13.3	14.3	17.9

Los efectos del fenómeno El Niño en la parte media y baja de la zona de estudio, corresponden en promedio a la disminución generalizada de las precipitaciones durante todos los meses, dichas reducciones se acentúan más en agosto con el 60.3% y en enero, marzo y abril con reducciones superiores al 30 %. El fenómeno La Niña por su parte genera incremento en las precipitaciones, en donde los meses de junio y agosto presentan los porcentajes más altos 85 y 90% respecto al valor promedio histórico. En enero, marzo y septiembre los incrementos están entre el 35 y 40%.

A continuación, se realiza una comparación de los valores de precipitación mensual para el periodo de referencia 1985 – 2016 frente a las precipitaciones mensuales obtenidas durante el fenómeno El Niño del año 2015 categoría muy fuerte y el fenómeno La Niña del año 2011 categoría fuerte. Esto con el fin de verificar los incrementos o reducciones que generaron en las lluvias dichos fenómenos puntuales.

Efectos de los fenómenos El Niño 2015 y La Niña 2011 en la precipitación media mensual – Estación Gabriel López (1985 – 2016).



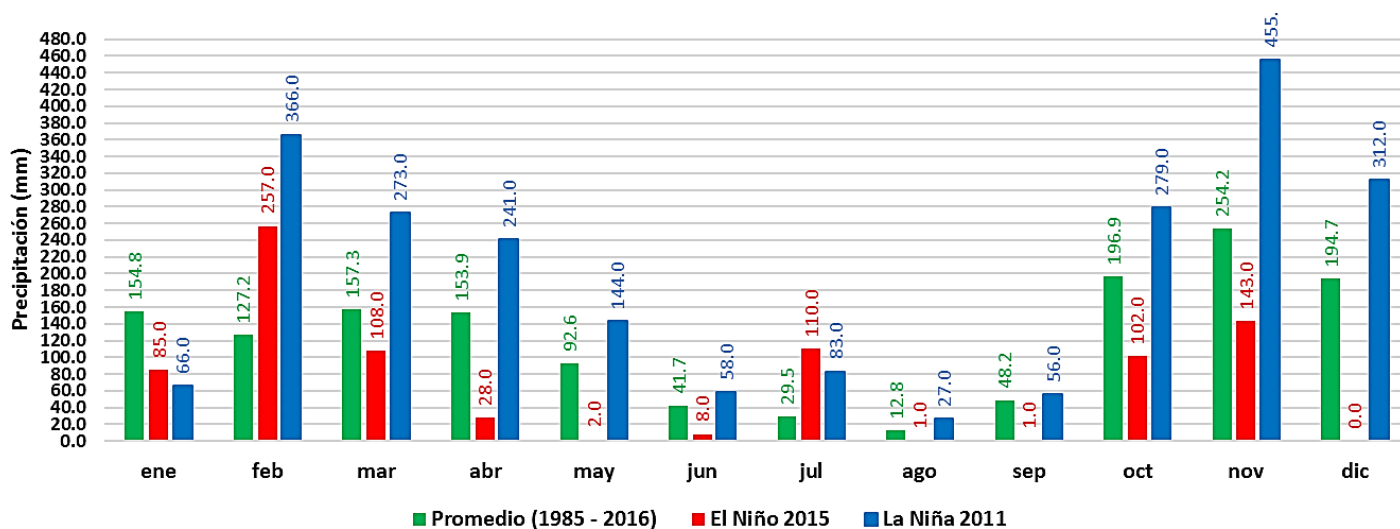
Efectos en porcentaje de los fenómenos El Niño 2015 y La Niña 2011 en la precipitación mensual estación Gabriel López (1985 – 2016).

Gabriel López	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
El Niño (%)	-19.2	-1.2	-41.4	12.5	-19.9	130.6	18.7	23.0	-45.4	-43.5	-33.1	-79.6
La Niña (%)	-17.1	140.5	37.2	64.4	32.1	-11.9	9.8	-53.7	0.5	25.5	87.3	145.6

Durante el fenómeno El Niño del año 2015 y que según El ONI es de categoría muy fuerte, la principal disminución de las lluvias se generó en el mes de diciembre con una reducción del 79% respecto al promedio para dicho mes, otras reducciones importantes ocurrieron en marzo, septiembre, octubre y noviembre con porcentajes entre 33 y 45%. En los meses que para la región se consideran de páramo, con afectación del fenómeno El Niño se presenta un efecto inverso, en este caso durante julio y agosto las lluvias se incrementaron entre un 18 y 23% pero se destaca el mes de junio, donde la precipitación obtuvo un incremento del 130% respecto al promedio para el mismo mes.

El fenómeno La Niña del año 2011 fue de categoría fuerte y para la zona de Gabriel López presentó importantes incrementos en las precipitaciones como en los meses de diciembre y febrero con valores que superaron el 140% respecto al promedio así mismo durante abril y noviembre la lluvia se incrementó entre 64 y 87% respectivamente. Algunos meses presentaron disminución de lluvias como agosto con el 53%, junio con el 11% y enero con 17%.

Efectos de los fenómenos El Niño 2015 y La Niña 2011 en la precipitación media mensual – Estación Polindara (1985 – 2016).



Efectos en porcentaje de los fenómenos El Niño 2015 y La Niña 2011 en la precipitación mensual estación Polindara (1985 – 2016).

Polindara	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
El Niño (%)	-45.1	102.0	-31.3	-81.8	-97.8	-80.8	272.5	-92.2	-97.9	-48.2	-43.7	-100.0
La Niña (%)	-57.4	187.7	73.6	56.6	55.5	39.2	181.1	110.2	16.2	41.7	79.0	60.2

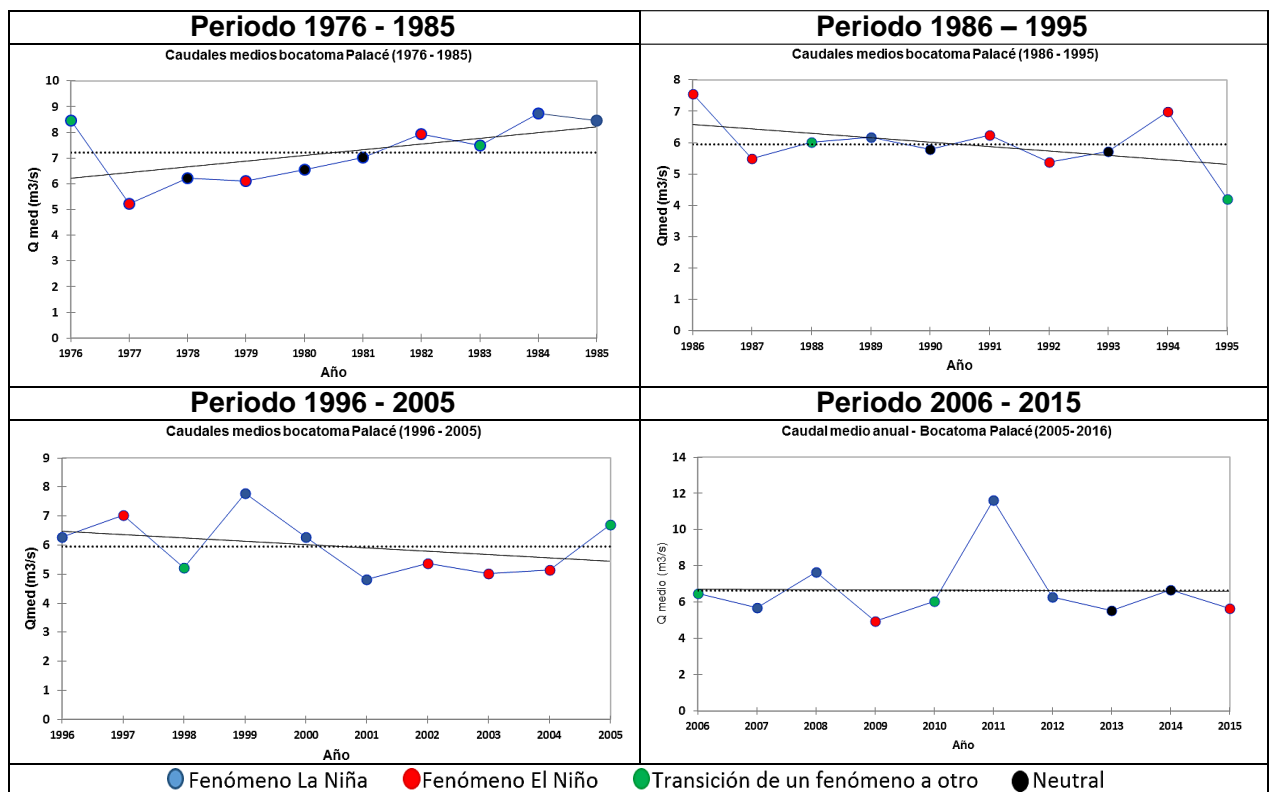
El fenómeno El Niño del año 2015 generó una notable disminución de las lluvias para el sector de Polindara con anulación de estas en los meses de mayo, agosto, septiembre y diciembre, con reducciones del 80% en abril y junio y reducciones del 40% en enero, octubre y noviembre. Se destaca el efecto inverso presentado en julio donde se presentan precipitaciones que porcentualmente corresponden a más del 200% del promedio histórico presentado para dicho mes, así mismo en febrero se presentan precipitaciones que superan el 100%.

El fenómeno La Niña del año 2011 presenta incremento generalizado de las precipitaciones, en febrero, julio y agosto los incrementos representaron más del 100% respecto a los promedios. Los meses de marzo, noviembre y diciembre representan incrementos entre el 60 y 70%. Solo durante el mes de enero se obtiene una reducción del 57% en las lluvias.

5.3 EFECTOS DEL ENOS EN LOS CAUDALES

Los caudales medios del río Palacé en el sitio de interés denominado “Bocatoma Palacé” pueden verse afectados en el análisis histórico por el cambio en el uso del suelo de la subcuenca, con reducción en áreas de bosques e incrementos en áreas para uso agropecuario, debido a esto, el análisis de los efectos de los fenómenos El Niño y La Niña en los caudales se realizan por décadas con el fin de minimizar el efecto que podría llegar a tener el cambio en el uso del suelo sobre los valores de la serie histórica de caudales, las décadas corresponden a los periodos de 1976 a 1985, 1986 a 1995, 1996 a 2005 y 2006 a 2015.

Efectos del ENOS en el caudal medio anual por décadas Bocatoma Palacé.



Los gráficos muestran el valor del caudal medio anual, en donde los círculos azules representan afectación del fenómeno La Niña, el color rojo indica fenómeno El Niño, el color verde indica que durante ese año se generó transición de un fenómeno hacia otro y los círculos negros corresponden a año neutro. La línea consecutiva representa la tendencia de la década y la línea de puntos representa el valor promedio anual para cada década.

Teniendo en cuenta lo anterior, en la primer década que corresponde al periodo 1976 a 1985, se presentaron cuatro fenómenos El Niño, entre los cuales tres fueron categoría débil, el fenómeno del año 1976 obtuvo un caudal anual de 8.45 m³/s superior al promedio de la década 7.21 m³/s; por su parte los fenómenos EL Niño de 1977 y 1979 obtuvieron caudales anual de 5.23 y 6.10 m³/s respectivamente que son inferiores al promedio; el fenómeno Niño del año 1982 de categoría muy fuerte, presentó un caudal anual de 7.92 m³/s superior al promedio. Finalizando esta década se presentan dos fenómenos La Niña (1984 y 1985) categorías débil y moderado que obtienen los valores de caudal anual más altos de la década 8.73 y 8.45 m³/s.

La segunda década que corresponde al periodo 1986 a 1995, presentó tres fenómenos El Niño, de los cuales dos son de categoría fuerte en 1987 y 1992 con valores de caudal anual 5.48 y 5.38 m³/s respectivamente, que son inferiores al promedio decadal 5.95 m³/s; el fenómeno Niño del año 1994 categoría moderado, presentó un caudal anual de 6.98 m³/s, superior al promedio. Durante esta década se presenta un fenómeno La Niña categoría fuerte durante los años 1988 a 1989 con valores de caudal anual cercanos al promedio.

La tercera década de análisis que corresponde al periodo 1996 a 2005, presentó tres fenómenos El Niño, dos de los cuales se dan durante los años 2002 a 2004 de categorías moderado y débil, con caudales anuales de 5.38, 5.02 y 5.13 m³/s, valores que son inferiores al caudal promedio de 5.96 m³/s. El fenómeno El Niño del año 1997 categoría muy fuerte obtuvo un caudal anual de 7.04 m³/s superior al promedio de la década. Durante esta década se presentaron dos fenómenos La Niña, en el año 1996 de categoría moderado con un caudal anual de 6.97 m³/s superior al promedio; y otro fenómeno categoría fuerte y que se prolongó durante los años 1999, 2000 y 2001, en donde los dos primeros años presentaron su mayor afectación con valores de caudal de 7.78 y 6.27 m³/s.

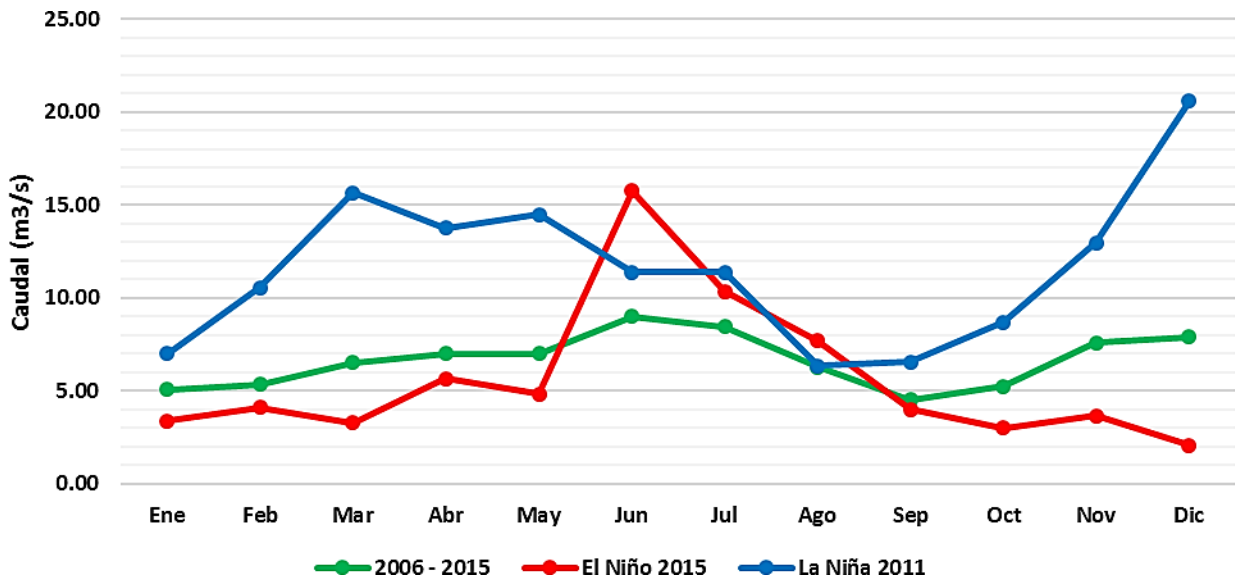
La última década de análisis que corresponde al periodo 2006 a 2015 se presentan tres fenómenos El Niño, 2006 categoría débil, 2009 categoría fuerte y 2015 categoría muy fuerte, con caudales anuales de 6.49, 4.93 y 5.64 m³/s respectivamente, inferiores al promedio decadal de 6.64 m³/s. En esta década se presentan cuatro fenómenos La Niña en 2007 fuerte, 2008 débil, 2011 fuerte y 2012 moderado, se destaca el fenómeno del año 2011 dado su alto valor de caudal anual de 11.6 m³/s.

Para verificar los efectos del ENOS en los caudales medios mensuales se comparan los caudales obtenidos durante la ocurrencia del fenómeno La Niña 2011 y el fenómeno El Niño del año 2015 con los caudales medios mensuales para el periodo 2006 – 2015.

En el siguiente gráfico la línea verde representa el caudal promedio mensual para el periodo 2006 a 2015, la línea roja corresponde al caudal medio mensual obtenido

durante el año 2015 con afectación del fenómeno El Niño y la línea azul es el caudal medio mensual del año 2011 con afectación del fenómeno La Niña.

Efectos de los fenómenos La Niña 2011 y El Niño 2015 en los caudales medios mensuales – Bocatoma Palacé (2006 – 2015).



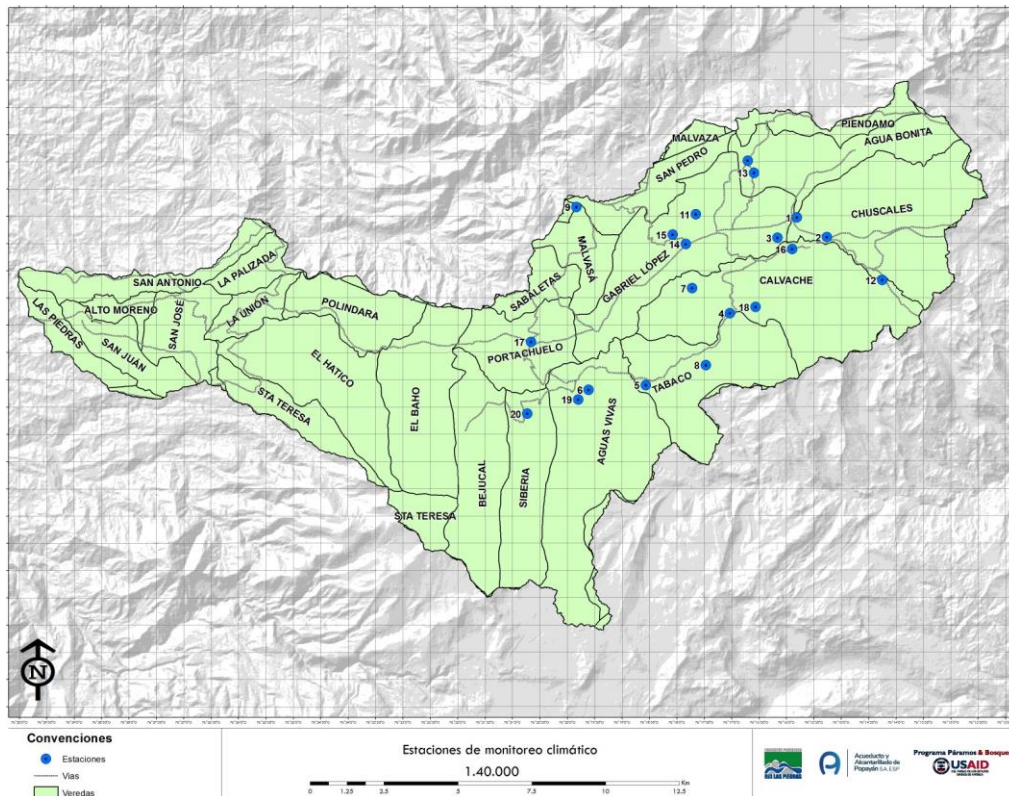
Según el gráfico anterior los caudales influenciados por el fenómeno La Niña en el año 2011 muestran en general valores superiores al promedio mensual, durante el primer semestre del año los caudales más altos se obtienen durante los meses de febrero a mayo donde con valores entre 10.5 y 15.6 m³/s. Durante los meses de junio hasta septiembre la diferencia entre los caudales con afectación de la Niña y los caudales promedio se reduce y durante el último trimestre del año los caudales con afectación de la Niña se incrementan hasta llegar al valor más alto en diciembre, donde se obtuvo un caudal medio superior a 20.6 m³/s.

Por otra parte, los caudales obtenidos durante el año 2015 con afectación del fenómeno El Niño, muestran valores inferiores al promedio durante los primeros cinco meses de año con caudales entre 3.27 y 4.83 m³/s, así mismo en el último trimestre del año donde se obtiene el caudal más bajo de 2.06 durante el mes de diciembre.

6. MONITOREO CLIMATICO PARTICIPATIVO

Dado que la zona de estudio que corresponde al área hidrográfica de la bocatoma río Palacé cuenta con tan solo dos estaciones de monitoreo climático a cargo del IDEAM; en la parte alta la estación Gabriel López sobre los 3000 msnm y en la parte media la estación Polindara que se encuentra a 2470 msnm. La poca densidad de estaciones en esta zona no permite analizar las variables climáticas a menor escala y en el marco del proyecto se planteó la creación de una red comunitaria de monitoreo climático local que consiste en la implementación de instrumentos para la medición diaria de variables como la precipitación, temperatura y humedad. Con la implementación de esta red se genera información climática a nivel de predio, lo cual permite robustecer el análisis de los procesos climáticos de la cuenca, generar apropiación del conocimiento con las personas que monitorean las estaciones climáticas y hacer uso de esta información para sus sistemas productivos.

Red comunitaria de monitoreo climático



La red de monitoreo climático consta de 19 estaciones manuales y una estación automatizada. Las estaciones manuales consisten en un pluviómetro y un termohigrómetro que están a cargo de los propietarios de los predios y/o

mayordomos, que realizan lecturas diariamente a las 7 de la mañana y registran en una planilla. Esta información se sistematiza en una base de datos que está a cargo de la Fundación río Piedras, de donde se generan los reportes individuales para cada estaciones y boletines climáticos trimestrales.

Monitoreo climático participativo

Lectura diaria

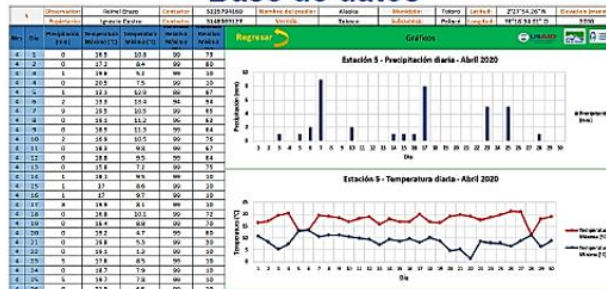


Los instrumentos se leen todos los días a las 7 am

Registro en planilla

Las lecturas se registran en la planilla

Base de datos



La información climática se almacena en una base de datos.

7. BOLETIN CLIMATICO

El boletín climático es una herramienta informativa en la cual se consolida el conocimiento de la climatología local, las condiciones océano-atmosféricas actuales, predicciones sobre la evolución de eventos ENOS, predicciones sobre las precipitaciones con ajustes a valores regionales y recomendaciones generales para tener en cuenta en los sistemas productivos según las proyecciones climáticas de los próximos meses, con esto se informa a los agricultores sobre como se espera que estén las condiciones climáticas en los meses siguientes. A continuación, se presenta el boletín climático que corresponde a los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2020.

Esta información se trabaja con las comunidades y forma parte de las herramientas de planificación ambiental.



BOLETÍN CLIMATICO N° 2

Septiembre - Octubre - Noviembre 2020



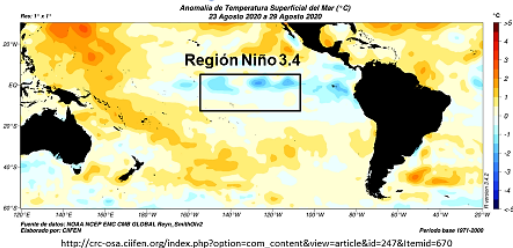
Resumen:

El océano Pacífico continúa enfriándose y se mantiene la alerta ante la posible ocurrencia de un fenómeno La Niña para los próximos meses, lo cual puede generar incremento de lluvias por encima de lo normal, pero por ahora los pronósticos indican que para el mes de septiembre se esperan lluvias inferiores a lo normal y para los meses de octubre y noviembre lluvias dentro de lo normal.

EN EL MARCO DEL CONVENIO No. PB – 19 - FAA – 007 CELEBRADO ENTRE USAID - FUNDACION PROCUENCA RIO LAS PIEDRAS Y LA EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE POPAYÁN S.A. E.S.P.

Condiciones actuales del océano Pacífico

Los reportes actuales de la temperatura superficial del océano Pacífico en la región Niño 3.4 continúan mostrando condiciones frías (color azul) lo cual indica que debemos estar atentos ante la posible ocurrencia de un fenómeno La Niña para los próximos meses lo cual puede generar incremento de lluvias en la región.



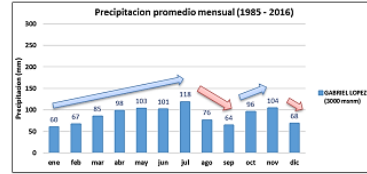
El Servicio Meteorológico de Australia continúa en estado de alerta ante la posible ocurrencia de un fenómeno La Niña dado el enfriamiento de las aguas superficiales del océano Pacífico Tropical en la región Niño 3.4.

Estado de alerta



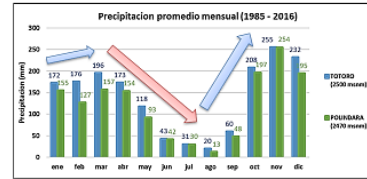
Climatología de la región

Para la parte alta, la estación de referencia es Gabriel López que se encuentra a 3000 metros de altura



En condiciones normales el mes de septiembre se caracteriza por bajas precipitaciones (64 milímetros), que luego tienden a incrementarse para los meses de octubre y noviembre con valores de 96 y 104 milímetros respectivamente dada la presencia de lluvias en la región.

Para la parte media las estaciones de referencia son Totoró y Polindara que se encuentra a 2500 y 2470 metros de altura respectivamente.

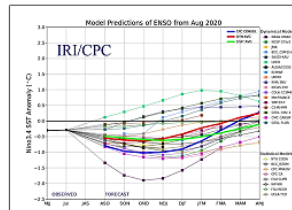


Septiembre se considera un mes de transición de la temporada seca hacia la temporada más lluviosa del año, en condiciones normales las precipitaciones obtienen valores a los 60 milímetros para entrar a la temporada de lluvias del último trimestre del año con valores superiores a los 200 milímetros.

Predicciones

Las condiciones climáticas que se esperan para los próximos meses se presentan a continuación.

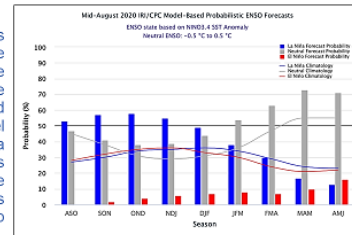
Predicción de la temperatura del Océano Pacífico



La mayoría de modelos internacionales muestran que para los próximos meses las temperaturas del océano Pacífico continuarán enfriándose.

Probabilidad de ocurrencia de evento Neutral, La Niña y El Niño

Para los próximos meses de septiembre, octubre y noviembre se tiene mayor probabilidad de ocurrencia del fenómeno La Niña debido a las condiciones de enfriamiento de las aguas del océano Pacífico tropical

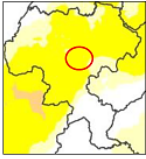


Se descarta la probabilidad de un fenómeno El Niño para los próximos meses

Predicciones

De acuerdo con el boletín climático del IDEAM se presentan las siguientes predicciones para la precipitación con ajuste a valores locales según información de las estaciones Gabriel López, Totoró y Polindara.

Septiembre



Para el mes de septiembre se esperan precipitaciones por debajo de lo normal

- Parte alta (Gabriel López): menos de 64 mm.
- Parte media (Totoró, Polindara): menos de 60 mm

Octubre



Para el mes de octubre se esperan precipitaciones normales

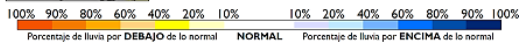
- Parte alta (Gabriel López): valores cercanos a los 96 mm.
- Parte media (Totoró, Polindara): valores cercanos a los 200 mm.

Noviembre



Para el mes de noviembre se esperan precipitaciones normales.

- Parte alta (Gabriel López): valores cercanos a los 104 mm.
- Parte media (Totoró, Polindara): valores cercanos a los 250 mm.



Recomendaciones

Para la temporada de lluvias de octubre y noviembre tener en cuenta lo siguiente:

- Monitorear las plagas y enfermedades que se asocian con el incremento de las lluvias.
- Manejo de protección del suelo con presencia de cobertura evitando el impacto directo de las gotas de lluvia y los procesos de escorrentía.
- Para el manejo de arvenses se deben realizar deshierba de las calles tratando de conservar las coberturas nobles que se encuentran alrededor del cultivo para evitar pérdida de suelo y abonos por escorrentía.
- Para nuevas siembras, se recomienda realizar el diseño del sistema de drenaje que se deberá conservar durante todo el ciclo del cultivo, el método de curvas de nivel para disminuir los procesos de erosión generados por la escorrentía es muy útil.
- Manejo de los sistemas de sombrero mediante podas, para conseguir el ingreso de luz solar, la aireación y prevención de la aparición de enfermedades fungosas por el incremento de la humedad.

Bibliografía

- CRC, ACUC-GL. 2010. Corporación Autónoma Regional del CAUCA – Asociación Corregimental de Usuarios Campesinos de Gabriel López – Cauca. Plan de Ordenación y Manejo de la parte Alta de la Subcuenca Hidrográfica del Río Palacé. 23, 46, 94.
- Gardner, L. R. (2009). Assessing the effect of climate change on mean annual runoff. *Journal of Hydrology* .
- IDEAM. (2005). Atlas Climatológico de Colombia. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Instituto de Hidrología, Meteorología y de Estudios Ambientales- IDEAM.
- IDEAM (2016). Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático – Guía básica de conceptos sobre el Cambio Climático.
- IDEAM. (2018). Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/mapas-de-seguimiento-de-la-lluvia-decadal-chirps-ire/ideam>
- IPCC (2014). The Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014: AR4 (Fourth Assessment Report): Climate Change 2014, the Physical Science Basis. Cambridge University Press. New York, USA.
- Maturana, J., Bello M., Manley M. (2002) Antecedentes históricos y descripción del fenómeno El Niño, Oscilación del Sur. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile Departamento de Oceanografía Errázuriz, Playa Ancha, Valparaíso. 14
- Montealegre, E. (2009). Estudio de la variabilidad climática de la precipitación en Colombia asociada a procesos oceánicos y atmosféricos de meso y gran escala. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, Colombia.
- Muñoz, F., Figueroa A. Pérez, E. Erosión hídrica en agroecosistemas alto andinos del departamento del Cauca. 42. Popayán Colombia.
- Muñoz F., Sarmiento L. & Pérez E. 2018. Agricultura migratoria, conductor del cambio de uso del suelo de ecosistemas alto andinos de Colombia.

- Murthy. (2002). Basic principles of agricultural meteorology. BS Publications.
- Ordoñez M. 2008. Estudio espacio temporal del proceso de fragmentación sobre las coberturas boscosas en la cuenca río Palacé. Universidad del Cauca. Popayán Colombia.
- Ramage, C. (2001). El Clima. 39
- Tandioy, W. 2008. Análisis comparativo de los patrones de cambio naturales y antrópicos en un ecosistema alto andino, en la parte alta de la cuenca río Palacé.
- WWF, 2017. Informe 2017. Colombia viva. 37,100,113
- Gonzalez, L. (2008). Hidrología. Departamento de hidráulica. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad del Cauca.
- Jaramillo, A. (2005). Clima andino y café en Colombia. Chinchiná: Centro Nacional de Investigaciones del Café - CENICAFE.
- Murthy. (2002). Basic principles of agricultural meteorology. BS Publications.
- Vélez et all. (2015). Entendimiento de fenómenos ambientales mediante análisis de datos. Universidad Nacional de Colombia.
- WWF, 2017. Informe 2017. Colombia viva. 37,100,113.