

IMPACTO DEL CAMBIO CLIMATICO PARA EL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO: UNA REVISION.

Por: **Ivan Dario Acosta Sabogal**¹

Ingeniero Civil, Especialista en Recursos Hídricos, Centro de Investigaciones en Ingenierías y Arquitectura "Rogelio Salmona", Corporación Universitaria del Meta, Villavicencio.

Resumen:

El sistema climático es un sistema altamente complejo integrado por cinco grandes componentes: atmósfera, hidrosfera, litosfera, criósfera, la biosfera y las interacciones entre ellos. La atmósfera con sus componentes principales es forzada desde el espacio exterior y desde la superficie terrestre por distintos procesos internos y externos.

Se realizó la evaluación climatológica en el municipio de Villavicencio tomando los registros presentados en la estación climatología principal (CP) Unillanos ubicada en la vereda Barcelona dentro de los años 1983 y 2012 encontrando cambios significativos en las variables climatológicas: precipitación, temperatura, brillo solar, humedad relativa y evaporación.

Palabras clave: Cambio climático, Remoción en masa, Evaluación climatológica, Temperatura, Precipitación, Villavicencio.

Abstract

The climate system is a highly complex system and this has five main elements: atmosphere, hydrosphere, lithosphere, cryosphere, and biosphere. Its complex behavior is due to the interactions between them. The origin of the climate dynamics is in the Sun activity, together with oceanic currents circulation and volcanic activity.

This climatological evaluation was realized in the city of Villavicencio taking the data presented between 1983 and 2012 registered by the main weather station (CP) Unillanos located in the Barcelona town near to urban area. As results of this evaluation is found significant changes for climatic variables like precipitation, temperature, sunshine, relative humidity and evaporation.

Key words: Climate change, mass movements, climatological evaluation, temperature, precipitation, Villavicencio.

INTRODUCCION

El municipio de Villavicencio se encuentra ubicado en el piedemonte de la cordillera oriental de Colombia y desde los últimos años se ha venido presentando, como el mundo cambios climatológicos como resultado de la alteración de este por la actividad

humana, debido al crecimiento de la población mundial y a sus procesos productivos para los cuales se emplea entre otros la generación de energía a partir de la combustión de combustibles fósiles. Para Villavicencio se hace este análisis aquí primero para encontrar si existe una relación entre el posible cambio climático a nivel local con los

fenómenos de remoción de masa, y también para verificar si para los últimos años el incremento de la población de la ciudad ha influenciado en el clima, para testimoniar con este trabajo la relación entre el crecimiento de la población y el cambio climático

ESTADO DEL ARTE CLIMA Y CAMBIO CLIMATICO

1. SISTEMA CLIMÁTICO

El clima es un sistema no lineal integrado por cinco grandes componentes: Atmósfera, hidrosfera, litosfera, criosfera y la biosfera. Las interacciones entre ellos generan junto con la actividad solar, el volcanismo y la circulación de las corrientes oceánicas, la dinámica del clima en La Tierra.

ATMÓSFERA

La atmósfera seca está compuesta casi enteramente de nitrógeno (en una relación de mezcla volumétrica de 78,1%) y oxígeno (20,9%), más una serie de oligogases como el argón (0,93%), el helio y gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono (0,035%) y el ozono. Además, la atmósfera contiene vapor de agua en cantidades muy variables (alrededor del 1%) y aerosoles igualmente 1 % (IDEAM, 2007). Los gases de efecto invernadero o gases de invernadero son los componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropogénicos, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitida por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes. En la atmósfera de la Tierra, los principales gases de efecto invernadero son el vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y el ozono (O₃).

OCÉANOS

Los océanos cumplen un papel fundamental dentro de la dinámica climatológica ya que existe transferencia de momentum al océano a través de los vientos superficiales, que a su vez movilizan las corrientes oceánicas superficiales globales. Estas corrientes asisten en la transferencia latitudinal de

calor, análogamente a lo que realiza la atmósfera. Las aguas cálidas se movilizan hacia los polos y viceversa. La energía también es transferida a través de la evaporación. El agua que se evapora desde la superficie oceánica almacena calor latente que es luego liberado cuando el vapor se condensa formando nubes y precipitaciones.

CRIÓSFERA

La criósfera consiste de las regiones cubiertas por nieve o hielo, sean tierra o mar y juega un rol muy importante en la regulación del clima global, debido a que son agentes reflectores de la radiación solar.

BIÓSFERA

La vida puede encontrarse en casi cualquier ambiente terrestre. Pero al discutir el sistema climático es conveniente considerar la biosfera como un componente discreto. Aquí, la actividad humana, que produce entre otras, la combustión de combustibles fósiles, contribuye en cierta manera a alterar en cierto grado la dinámica del clima.

LITÓSFERA

El quinto componente, consiste en suelos, sedimentos y rocas de las masas de tierra, corteza continental y oceánica, y en última instancia, el interior de la Tierra, con la actividad hidrotermal y volcánica.

2. FACTORES FORZANTES DEL CLIMA

La atmósfera con sus componentes principales, gases traza, nubes y aerosoles es influenciada desde el espacio exterior y desde la superficie terrestre por distintos procesos: los factores forzantes internos y externos del sistema climático. Los forzantes externos que se muestran en la figura mediante flechas que cruzan los límites exteriores del sistema son aquellos que no están condicionados por cambios que ocurren dentro del sistema definido. Por ejemplo, las fluctuaciones en las emisiones de radiación solar y los cambios en los parámetros orbitales de la tierra con respecto al sol, son forzantes externos puesto que no son modificados si el clima de la tierra se calienta o

enfría. Los gases de invernadero producidos por las actividades antropogénicas, el polvo y los cambios en el albedo de la superficie terrestre, se consideran también forzantes externos (IDEAM, 2007).

El clima varía en todas las escalas de tiempo, en respuesta a una serie de factores forzantes periódicos y aleatorios. Debe su existencia a la conducta compleja del sistema climático como una respuesta del forzamiento. Un corolario de la existencia de procesos aleatorios es que una proporción grande de variaciones del clima no pueden ser pronosticados.

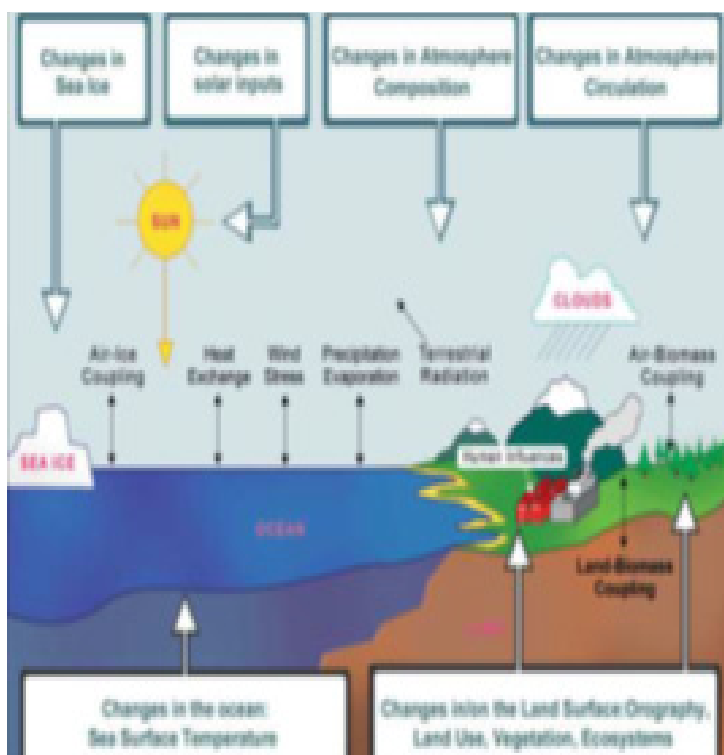


Figura 1. Esquema del sistema climático. Las letras en negrilla son los componentes del sistema climático; las flechas delgadas son ejemplos de los procesos e interacciones; las flechas gruesas son ejemplos de aspectos que pueden cambiar. Fuente: IPCC.

3. EFECTO INVERNADERO NATURAL

La absorción de energía por un determinado gas tiene lugar cuando la frecuencia de la radiación electromagnética es similar a la frecuencia de vibración molecular del gas. Cuando un gas absorbe energía, esta se transforma en movimiento molecular interno que produce un aumento de

temperatura.

La atmósfera es un fluido constituido por diferentes tipos de gases y cada uno de ellos se comporta de manera diferente, de manera tal, que la energía absorbida la efectúan selectivamente para diferentes longitudes de onda y en algunos casos son transparentes para ciertos rangos del espectro.

La atmósfera principalmente tiene bajo poder de absorción o es transparente en la parte visible del espectro, pero tiene un significativo poder de absorción de radiación ultravioleta o radiación de onda corta procedente del sol y el principal responsable de este fenómeno es el ozono, así mismo, la atmósfera tiene buena capacidad para absorber la radiación infrarroja o de onda larga procedente de la Tierra y los responsables en este caso son el vapor de agua, el dióxido de carbono y otros gases traza como el metano y el óxido nitroso (IDEAM, 2007).



Figura 2. Esquema del efecto invernadero natural. Fuente: IPCC.

4. CAMBIO CLIMÁTICO

De acuerdo a la Convención Marco sobre Cambio Climático (CMCC), el cambio climático se entiende como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables. Por otro lado, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) define el cambio climático como cualquier cambio en el clima con

el tiempo, debido a la variabilidad natural o como resultado de actividades humanas (IDEAM, 2007).

EL CALENTAMIENTO GLOBAL

El calentamiento global se puede entender en forma simplificada como el incremento gradual de la temperatura del planeta como consecuencia del aumento de la emisión de ciertos gases de Efecto Invernadero que impiden que los rayos del sol salgan de la tierra, bajo condiciones normales.

IPCC se estima que las concentraciones de CO₂ podrán aumentar en una gama total de 490 a 1260 ppm (entre un 75% a un 350%) por encima de la concentración del año 1750 (época preindustrial) para el final del año 2100 de acuerdo a seis escenarios socioeconómicos globales analizados. Con base en estas proyecciones principalmente se prevé un aumento en el promedio global de la temperatura de la superficie de la Tierra entre 1,4°C y 5,8°C, un calentamiento de las áreas terrestres más rápido que el promedio global; un aumento en la precipitación media anual, con más lluvias y mayores variaciones anuales en algunas regiones y menores en otras regiones (los aumentos y las disminuciones serán generalmente de un 5% a un 10%); los glaciares y las capas de hielo continuarán disminuyendo su contenido de hielo y se estima un aumento proyectado en el nivel del mar de 9cm a 88 cm entre 1990 y el 2100 (IPCC, 2001).

EL CAMBIO GLOBAL

Se puede definir como los cambios generados por los procesos naturales y por la actividad humana que afectan el medio ambiente global en forma directa o a través de la acumulación de alteraciones locales o regionales. Las escalas espacio temporales de los procesos que conllevan al cambio global son variadas: algunos, como la deforestación son a escala regional y puede ser medida en días, otros, como el calentamiento global y el cambio climático cubren todo el planeta y se manifiestan en períodos que van desde el decenio hasta milenios.

LOS CAMBIOS OBSERVADOS EN EL CLIMA

El calentamiento del sistema climático es una

realidad, evidenciado principalmente en los incrementos en la temperatura promedio global del aire y el océano, en el derretimiento de la nieve glacial y el hielo en los polos y en el aumento en el nivel del mar.

EL CAMBIO CLIMATICO EN COLOMBIA

El cambio climático, Colombia participa en dos sentidos: por una lado, la actividad humana en el territorio colombiano aporta al problema de los cambios del balance del sistema superficie-atmósfera y, de otro, se ve afectada por cambios que genera el fenómeno global en el clima nacional.

En el territorio colombiano podría verse afectado según estudio de un rango definido hasta el año 1990 por un calentamiento entre 1 y 1.5°C y por alteraciones de la precipitación que podrían estar entre -15 y +15% del acumulado anual (Pabon, 2000). De la misma manera se presentarán cambiasen la distribución de la precipitación en el territorio nacional, aunque las alteraciones serían diferentes en las regiones del país, en algunas podría presentarse mayor precipitación que en la época actual, en otras podría ser menor.

Lo que podría afectar a Colombia es el incremento del nivel del mar. Este podría traer consecuencias de gran magnitud en las zonas costeras, como también en las zonas de los deltas de los grandes ríos del país. Este incremento traería problemas a las zonas costeras y a los territorios insulares del planeta. El agua de mar podría inundar alguna parte del área actual de las ciudades costeras, que también se verían afectadas por problemas de reflujo de aguas negras. Los fenómenos como el alto oleaje y las mareas altas llegarían a niveles más altos que los actuales. (Pabon, 2000).

5. EVALUACION CLIMATOLOGÍA

El análisis climatológico se realizó con base en el análisis las series históricas de los parámetros climáticos de interés para el estudio. Para la toma y análisis de datos se seleccionó la estación (CP) Unillanos, con base en los siguientes criterios:

- Ubicación. Se encuentra ubicada en la zona del

proyecto y es representativa del comportamiento hidrometeorológico del sector.

- Tipo de estación. La estación es climatológica, por lo tanto cuenta con pluviómetro y pluviógrafo con registros continuos y observador, lo que garantiza la calidad de los datos sometidos a estudio.
- Rango de registro. Cuenta con casi (30) años de registro, lo cual garantiza que cubre ciclos hidrológicos amplios que permiten tener mayor confiabilidad en el análisis.

PRECIPITACIÓN

La precipitación media multianual encontrada fue de 3671 mm/año, correspondiente a una media de 300,6 mm/mes. En la región de acuerdo a la estación se presenta un régimen de precipitación bimodal, con periodos húmedos entre abril a octubre, y picos en abril, mayo y junio. Los mayores valores de precipitación son los de abril (459,1 mm), mayo (480,3 mm) y octubre (479,1 mm). Los meses con menor precipitación son enero (88,7 mm) y febrero (99,8 mm).

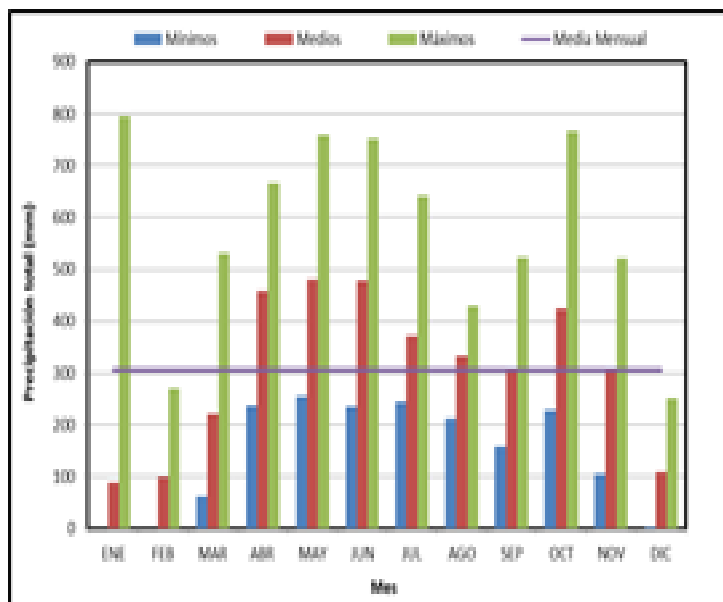


Figura 3. Valores totales mensuales de Precipitación, Estación (CP) Unillanos.

Dentro de la última década se encontraron que los años 2002, 2004, 2010, 2011, 2012 presentaron más presencia de lluvias donde dicha precipitación

aumentó en un ocho (8) por ciento a los demás años evaluados.

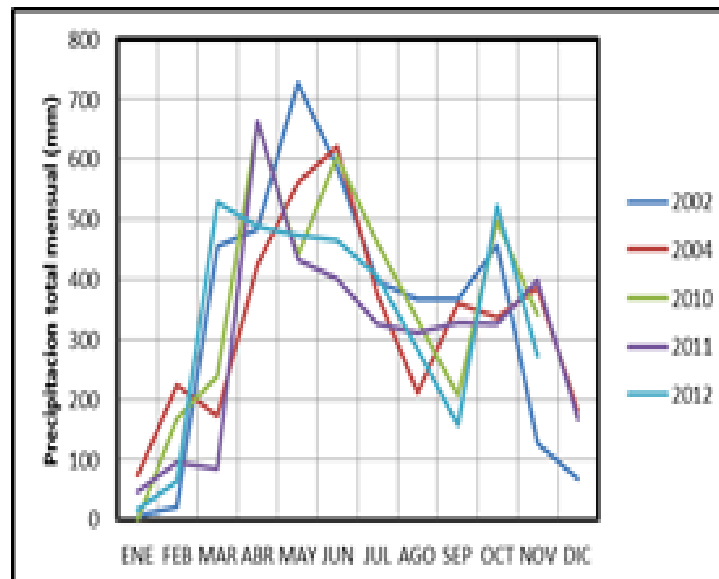


Figura 5. Valores máximos de Precipitación, Estación (CP) Unillanos.

TEMPERATURA

La temperatura media es de 25,3°C, con valores máximos de 28,1 °C en enero y media mínima de 22,9°C en junio, para el periodo de registro 1983-2012.

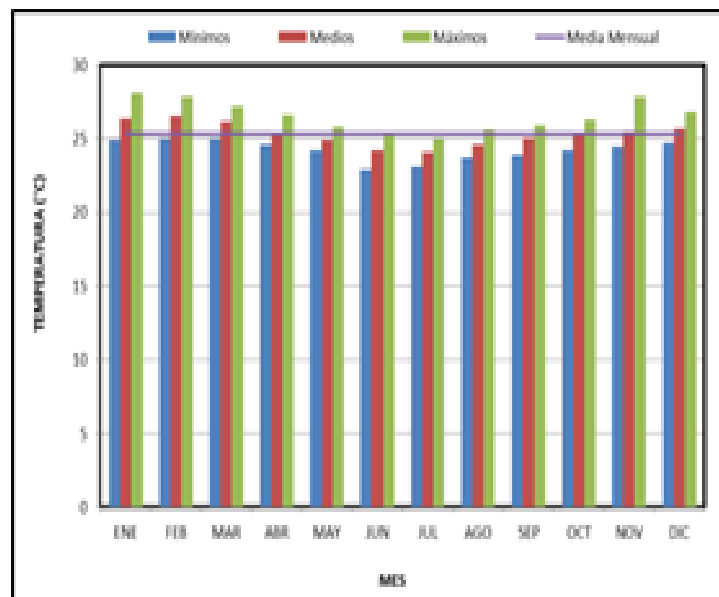


Figura 6. Valores medios mensuales de temperatura, Estación (CP) Unillanos.

Se revisaron los comportamientos de los últimos 10 años en cuanto a la temperatura presentado en la

mayoría de los casos un comportamiento similar. Sin embargo se despreciaron algunos años en los cuales la temperatura tuvo comportamiento normal.

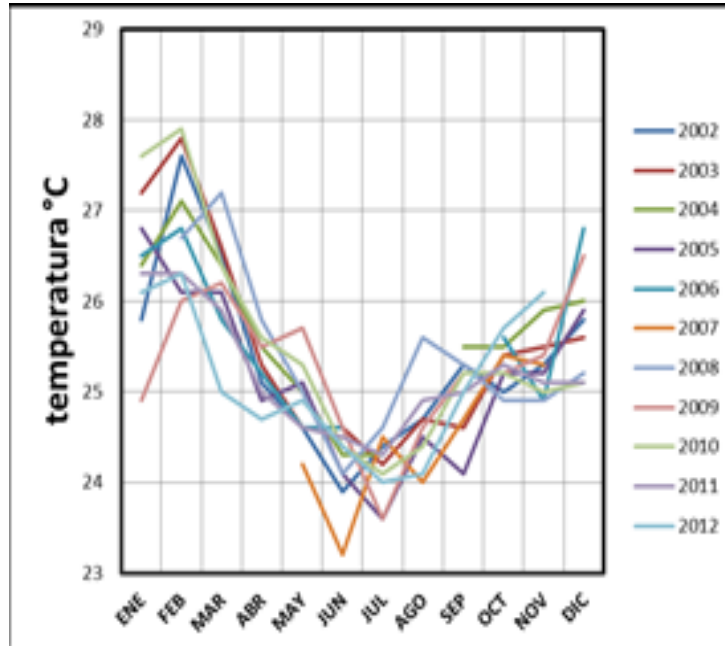


Figura 7. Valores medios mensuales de temperatura últimos 10 años, Estación (CP) Unillanos.

Dentro de los cuales encontramos que los años más calientes dentro de la última década está el 2002, 2003, 2006, 2008, 2010. Donde se encontró un aumento del 1% de los demás años del rango de 10 años.

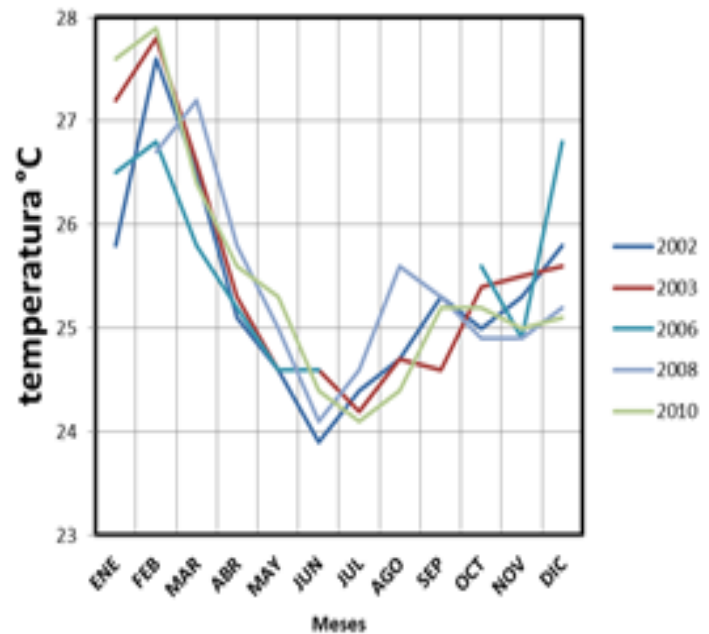


Figura 8. Valores medios mensuales de temperatura, los 5 años más calientes en últimos 10 años, Estación (CP) Unillanos

HUMEDAD RELATIVA

Este parámetro presenta un promedio mensual de 81%. En los meses de enero a marzo se presentan datos de Humedad relativa inferiores al promedio mensual del orden de 74%.

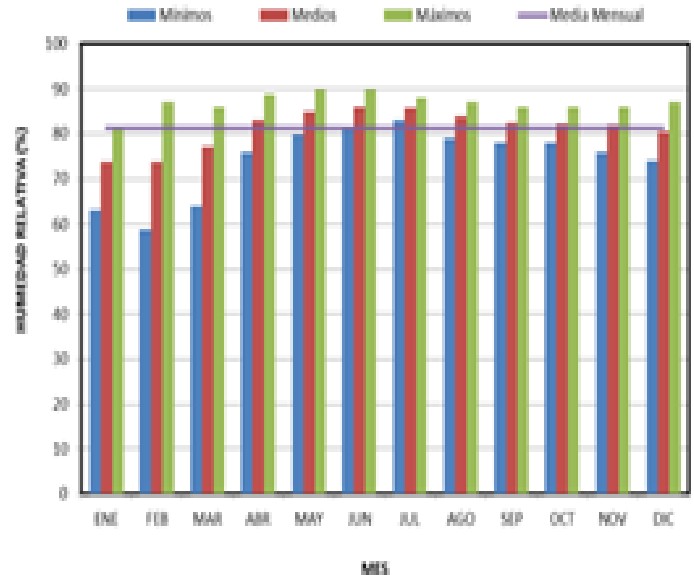


Figura 9. Valores medios mensuales de Humedad Relativa, Estación (CP) Unillanos.

EVAPORACIÓN

El promedio de evaporación es de 106,7 mm/mes para un total de 1288,8 mm/año, los mayores valores se presentan en el mes de enero y febrero con 119,13 mm y 128,5 mm, respectivamente, mientras que los menores valores de presentan en junio con 81,4mm.

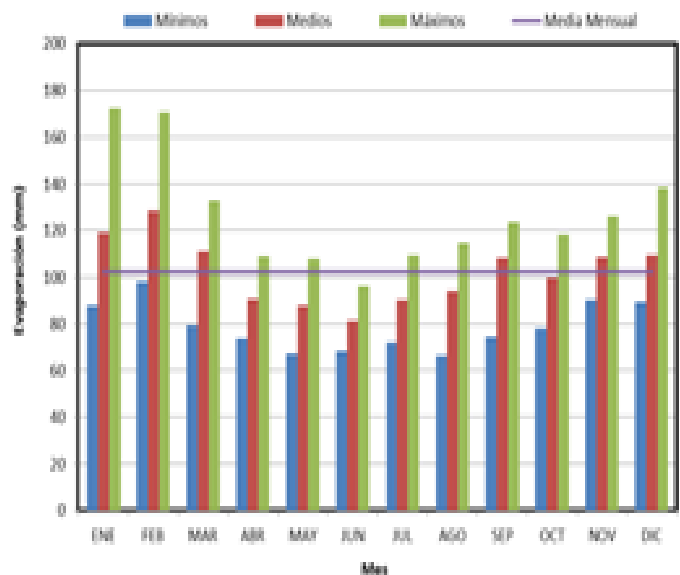


Figura 10. Valores medios mensuales de Evaporación, Estación (CP) Unillanos.

BRILLO SOLAR

El brillo solar total anual es de 1586,1 horas; presentándose el mayor valor mensual en Diciembre con 161,4 horas y el menor valor mensual en abril con 102,6 horas. Los valores de mayor y menor número de horas de brillo solar Registrados son de 251,9 horas (diciembre 1997) y 49.8 horas (marzo 1979).

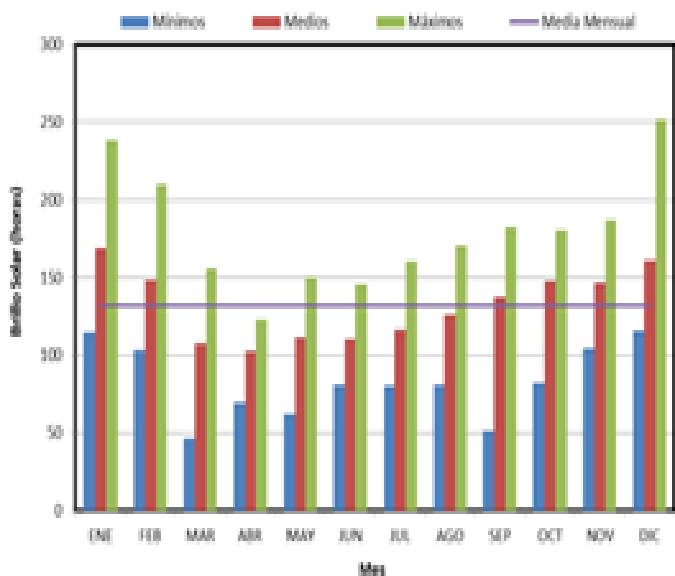


Figura 11. Valores medios mensuales de Brillo Solar, Estación (CP) Unillanos.

6. REVISION PLUVIOGRAFICA

Dentro del área de influencia se encontraron varias estaciones pluviográficas lo cual hace necesaria la evaluación de las posibles estaciones que afectan los registros se observó el comportamiento registrado el fin de interpretar las variantes en cuanto a las precipitaciones presentadas.

Las estaciones pluviográficas:

- Estación Sena.
- Estación Alcaaldía.
- Estación Acueducto Esmeralda.
- Estación Buenavista.

ESTACION SENA

La precipitación media multianual es de 4103,8

mm/año, correspondiente a una media de 341,99 mm/mes. Presenta un régimen de precipitación bimodal, con periodos húmedos entre marzo a noviembre, con picos en abril, mayo y junio. Los mayores valores de precipitación son los de, mayo (578,1 mm), junio (500,4 mm). Los meses con menor precipitación son enero (62,5 mm) y febrero (99,9 mm).

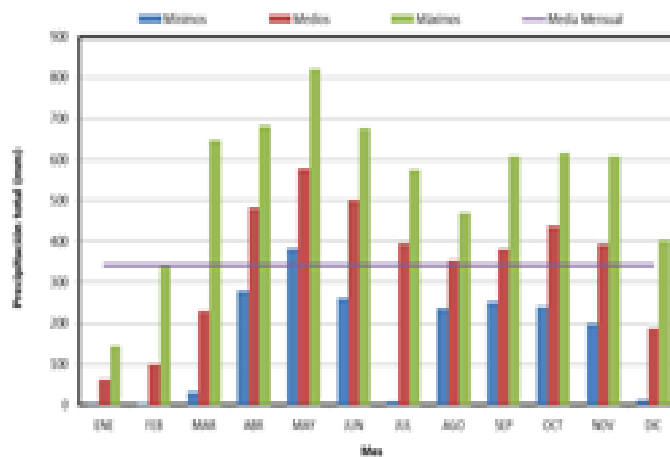


Figura 12. Valor total de precipitación, Estación SENA.

ESTACION ALCALDIA

La precipitación media multianual es de 4444,8 mm/año, correspondiente a una media de 370,4 mm/mes. Presenta un régimen de precipitación bimodal, con periodos húmedos entre marzo a noviembre, con picos en abril, mayo y junio. Los mayores valores de precipitación son los de mayo (666,7 mm), junio (586,7 mm). Los meses con menor precipitación son enero (62,3 mm) y febrero (120,3 mm).

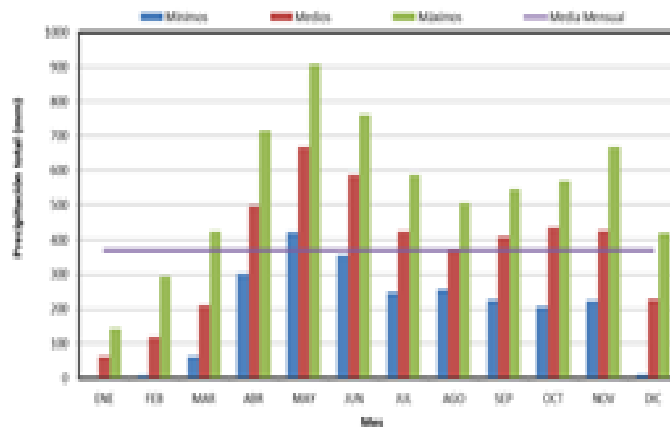


Figura 13. Valor total de precipitación, Estación Alcaaldía.

ESTACION ACUEDUCTO LA ESMERALDA

La precipitación media multianual es de 4883,2 mm/año, correspondiente a una media de 402,8 mm/mes. Presenta un régimen de precipitación bimodal, con periodos húmedos entre marzo a noviembre, con picos en abril, mayo y junio. Los mayores valores de precipitación son los de mayo (673,2 mm), y junio (660,3 mm). Los meses con menor precipitación son enero (70,3 mm) y febrero (132,7 mm).

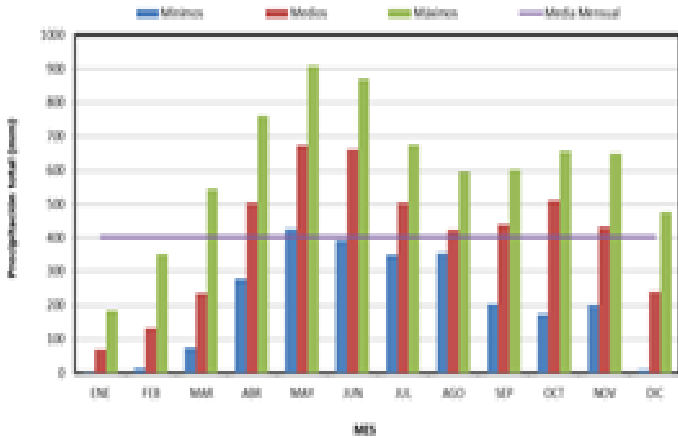


Figura 4. Valor total de precipitación, Estación Acueducto La Esmeralda.

ESTACION BUENAVISTA

La precipitación media multianual es de 7993,4 mm/año, correspondiente a una media de 666,12 mm/mes. Presenta un régimen de precipitación bimodal, con periodos húmedos entre marzo a noviembre, con picos en abril, mayo y junio. Los mayores valores de precipitación son los de mayo (1158,7 mm), y junio (1015,3 mm). Los meses con menor precipitación son enero (187,9 mm) y febrero (219,1mm).

ANALISIS DE LAS ESTACIONES PLUVIOGRAFICAS

Una vez visto el comportamiento individual se revisaron los valores anuales de precipitación multianual dejando como rango de tiempo desde el año 1997 hasta el 2011 debido a que los registros de los años faltantes estaban incompletos, con esto se espera un verdadero comportamiento en cuanto a los regímenes de lluvia

Tabla 1. Valores totales de precipitación anual en las estaciones pluviométricas analizadas. Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia.

AÑO	SENA	ALCALDIA	AC. ESMERALDA	BUENAVISTA
1997	4018	4271.3	3844.7	7308.7
1998	3883.4	4338.7	4804	8833.3
1999	4308.9	4741	4330.8	8448.9
2000	3408.2	3791.4	3278.8	7358.8
2001	4417.8	4332.8	5027.7	7368
2002	4888	4743	5309.3	7738.4
2003	4038.9	4128.8	4788.1	7834.1
2004	3918	4878.8	5324.4	7838.4
2005	3808.2	4911.2	5062.2	8871.2
2006	4177.2	3818	4883.8	8888
2007	3324.8	3823.1	3708	7218.4
2008	3391.3	4733.1	4818.8	8883.3
2009	4100.8	4097.3	3893.8	7283.3
2010	4848.4	4872.3	5397.3	8887.8
2011	4870.4	4828.2	5300	8018.8

La estación Buenavista presenta resultados elevados de los valores mensuales de precipitación debido a factores geomorfológicos y ambientales. Por ende para este estudio no se tendrá en cuenta los registros plasmados en esta estación a pesar de la cercanía al sitio de estudio

ESTACIONES PLUVIOGRAFICAS ZONA INFLUENCIA

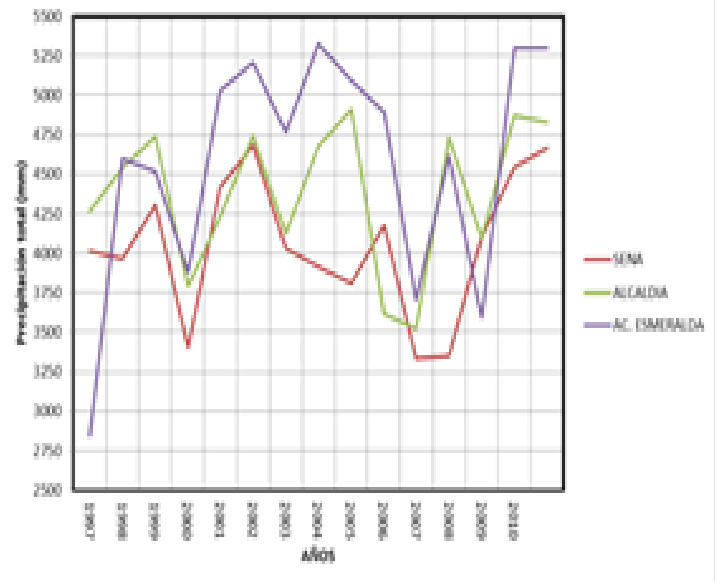


Figura 15. Comportamiento valores totales mensuales de precipitación estaciones del área de influencia.

7. CONCLUSIONES

- Realizado los análisis de los registros de precipitación los años con más presencia de lluvia de la última década fueron 2002, 2004, 2010, 2011, 2012 dicha precipitación aumento en un ocho (8) por ciento a los demás años evaluados.
- Las variaciones de temperatura se han detallado en ascenso sin embargo en la última década han tenido un comportamiento similar, ahora bien se encontró que los años 2002, 2003, 2006, 2008, 2010 fueron los más calurosos de la última década con un aumento del 1% con relación a los demás.
- Para una muestra que corresponde al período 1997 – 2011 (Tabla 1), se observa que para todas las estaciones no se muestra ningún incremento de la precipitación con respecto al promedio en función del tiempo. En otras palabras, si el crecimiento de la población influye en el clima, entonces en la medida que nos aproximamos en tiempo al Presente, se observaría algún cambio en la tendencia del clima local y esto no ocurre para Villavicencio.
- En el comportamiento valores totales mensuales de precipitación estaciones del área de influencia, se observa que en la medida que las estaciones pluviométricas se aproximan al área montañosa, el valor promedio de la precipitación es mucho mayor que en el de la estaciones ubicadas alejadas de esta. Se observa que el incremento de las lluvias alcanza valores mayores en las estaciones Acueducto de La Esmeralda y Buenavista, en comparación con las estaciones SENA y (CP) Unillanos. Esto indica a nivel preliminar que el efecto cortina que hace la topografía en el ámbito local, sí es un argumento fuerte en cuanto a ser un factor detonante de los fenómenos de remoción de masa tanto para el área urbana y como el área rural de la ciudad.
- Se encontró que la estación Buenavista a pesar de estar tan cercana a la zona de

influencia no es relevante como ayuda en el momento de evaluar los registros debido a que presenta diferencias significativa con las demás estaciones pluviográficas evaluadas donde sus valores de registros llegan casi a duplicarse.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio el cual es preliminar, es solo la primera parte de un estudio que trata del impacto del cambio climático para dar inicio al análisis del incremento de la precipitación y su relación con la remoción en masa en el municipio de Villavicencio. El autor hace aquí un reconocimiento a las de la Corporación Universitaria del Meta, al ingeniero German Chicangana, jefe del centro de investigaciones de Ingeniarías y Arquitectura “Rogelio Salmona”, como también al ingeniero Jorge Sánchez asesor del centro de investigaciones del río Magdalena, por su apoyo y colaboración.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios Ambientales (IDEAM). (2007). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y cambio climático. Bogotá, D.C.
- Mesa, O. J. (1997). Introducción al clima de Colombia. Bogotá: Imprenta Universidad Nacional de Colombia.
- Pabon, J. D. (2000). EL CAMBIO CLIMATICO Y SU MANIFESTACION EN COLOMBIA. Universidad Nacional de Colombia, 8.
- Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC). (2001). Tercer Informe. Ruiz Murcia, José Franklyn;. (2008). INFORME SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO EN COLOMBIA. Bogotá, D.C: IDEAM.