

**CONFORT CLIMATICO EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA Y SUS
ACTIVIDADES ECONOMICAS EN GENERAL.**

**EINER DUVAN LUNA MERA
JERSON CAICEDO VEGA**



**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
POPAYÁN
2017**

**CONFORT CLIMATICO EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA Y SUS
ACTIVIDADES ECONOMICAS EN GENERAL.**

**PRESENTADO POR:
EINER DUVAN LUNA MERA
49092084**

**JERSON CAICEDO VEGA
49102018**

**DIRECTOR:
ING. LUIS JORGE GONZÁLEZ MUÑOZ**



**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
POPAYÁN
2017**

NOTA DE ACEPTACIÓN

El Director y los respectivos Jurados han leído este documento, escuchando la sustentación del mismo por sus autores y lo encuentran satisfactorio.

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Popayán, Diciembre del 2017

DEDICATORIA

A Dios por darnos la fortaleza que nos permitió continuar a pesar de los obstáculos, por ofrecernos luz sobre el sendero de lo sensato, a nuestros padres por todo su apoyo, paciencia y entendimiento, a nuestros hermanos y amigos por estar presentes durante Todo el camino y a mi compañero por su diligencia en el desarrollo de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a cada persona que contribuyó en nuestro crecimiento académico, en especial a Antonio González Salazar, Licenciado en geografía, quien imparte asignaturas relacionadas con el departamento de geografía y ordenamiento territorial al cual pertenece, en la universidad de Guadalajara, México; y al Ingeniero Luis Jorge Gonzales Muños, quien imparte asignaturas relacionadas con el Departamento de Hidrología, en la Universidad del Cauca, Colombia. Ambos muy importantes pues su conocimiento ofreció apoyo y asesoría sobre los procedimientos, que se realizan en este trabajo, también a la Ingeniera ambiental. Nathalie Eugenia Chávez López por la asesoría en el manejo del programa ArcGIS.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
2. JUSTIFICACION	13
3. OBJETIVOS	14
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	14
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	14
4. ANTECEDENTES	15
5. MARCO TEORICO	16
5.1. CLIMA.....	16
5.2. BIOCLIMATOLOGIA.....	16
5.3. CONFORT CLIMATICO	16
5.3.1. Criterios Psicológicos.....	17
5.3.2. Criterios Fisiológicos	17
6. METODOLOGIA	19
7. HOMOGENIZACION Y ANALISIS DE LAS VARIABLES CLIMATOLOGICAS	20
DATOS ESTACIONES METEOROLOGICAS	20
7.1. DISTRIBUCION ESPACIAL DE LAS ESTACIONES METEOROLOGICAS	21
Método de los Polígonos de Thiessen	21
7.2. HOMOGENIZACION DE DATOS	23
7.2.1. Método por sustitución del promedio	23
7.2.2. Método de U.S National Weather Service.....	24
7.2.3. Variación vertical del viento	24
8. COMPORTAMIENTO DE LOS PARAMETROS ANALISADOS.....	26
CARACTERISTICAS CLIMATICAS GENERALES	26
8.1.1. Oscilación Anual De La Temperatura.	27
8.1.2. Oscilación anual de la humedad relativa.....	28
8.1.3. Radiación Solar.....	31
9. TEMPERATURA EFECTIVA Y SENSACION TERMICA EN EL CAUCA	35
INDICE DE TEMPERATURA EFECTIVA.....	35
9.1. ENTORNO ECONOMICO DEL DEPARTAMENTO DEL CAUCA.....	36
9.2. SENSACION TERMICA DEPARTAMENTO DEL CAUCA	38

10.	INDICE DE CONFORT CLIMATICO DE TERJUNG	40
11.	INDICE DE ENFRIAMIENTO EOLICO (WIND CHILL)	43
12.	ANALISIS DE RESULTADOS.....	45
12.1.	ANALISIS INDICES DE CONFORT	45
12.1.1.	Temperatura efectiva y sensación térmica.....	45
12.1.2.	Índice de Terjung	47
12.1.3.	Índice Wind Chill	50
12.2.	ANALISIS DEL ENTORNO ECONOMICO Y CONFORT TERMICO.....	51
12.2.1.	Entorno económico agrícola	52
13.	CONCLUSIONES	55
	BIBLIOGRAFIA	57
	Referencias de Internet	59

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Estaciones Meteorológicas Utilizadas.	20
Cuadro 2. Áreas calculadas con el método de polígonos de Thiessen.	22
Cuadro 3. Clases y longitudes de rugosidad.	25
Cuadro 4. . Valores de Temperatura, Humedad Relativa y Velocidad de Viento.	26
Cuadro 5. . División en Provincias.	27
Cuadro 6. Oscilación térmica anual (O.T.A) para la provincia centro.	28
Cuadro 7. Variación la Humedad relativa en la provincia Centro.	29
Cuadro 8. Valores promedio de radiación solar para la provincia sur.	32
Cuadro 9. Radiación solar promedio anual	34
Cuadro 10. Temperatura Efectiva Según ecuación Missenard.	36
Cuadro 11. Estaciones ubicadas en municipios de provincia sur.	38
Cuadro 12. Estaciones ubicadas en municipios de provincia centro.	38
Cuadro 13. Estaciones ubicadas en municipios de la provincia oriente.	38
Cuadro 14. Estaciones ubicadas en municipios de la provincia norte.	38
Cuadro 15. Estaciones ubicadas en municipios de la provincia occidente.	38
Cuadro 16. Temperatura efectiva y Sensaciones Térmicas.	39
Cuadro 17. Temperatura efectiva y Sensaciones Térmicas en el Cauca	39
Cuadro 18. Resultado clasificación mensual periodo 1997-2016 índice de Terjung estación Bolívar.	42
Cuadro 19. Resultado clasificación anual periodo 1997-2016 para las estaciones del Cauca.....	42
Cuadro 20. Poder refrigerante del viento y sensaciones de confort de Siple y Passel.	44
Cuadro 21. Clasificación anual para el periodo 1997-2016 estaciones del Cauca.	44
Cuadro 22. Estaciones y su área de influencia en la provincia sur.	46
Cuadro 23. Estaciones y su área de influencia en la provincia centro	46
Cuadro 24. Estaciones y su área de influencia en la provincia oriente.	47
Cuadro 25. Estaciones y su área de influencia en la provincia occidente.	47

Cuadro 26. Estaciones y su área de influencia en la provincia norte.	47
Cuadro 27. Regiones del Cauca y su potencial Frutícola.	54
Cuadro 28. Consideraciones para el diseño micro climático.	54

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación espacial de las estaciones meteorológicas.	21
Figura 2. Polígonos de Thiessen departamento del Cauca.	22
Figura 3. División provincial del cauca	26
Figura 4. Valores promedios para la provincia centro.	29
Figura 5. Mapa de Radiación solar para enero.	32
Figura 6. Radiación promedio anual.	33
Figura 7. Temperatura efectiva departamento del cauca.	38
Figura 8. Áreas del Confort Climático de Terjung.	41
Figura 9. Áreas del Confort Climático de Terjung adaptado.	41
Figura 10. Resultado clasificación mensual estación Bolívar índice Terjung.	43
Figura 11. Distribución espacial índice de Terjung departamento del Cauca.	43

INTRODUCCION

“Durante siglos los seres humanos han aprendido a adaptar sus estilos de vida y sistemas productivos a los diferentes factores climáticos los cuales son determinantes en la distribución geográfica debido a que ofrecen características al territorio que nos ayuda a establecer zonas de agricultura, de residencia, de conservación, y de esparcimiento. Es ahí donde la ciencia denominada bioclimatología trata de poner en manifiesto la relación entre los seres vivos y el clima”. (RIVAS, 1987)

Partiendo entonces de la bioclimatología se hace necesario la pregunta ¿Cuál es el rango de afectación de los factores climatológicos que permiten que las actividades diarias humanas sean cómodas? Entonces en animo de satisfacer este interrogante es necesario una medida tangible de percepción o índice de bienestar, denominado confort climático, y al hablar de ello o de una manera más precisa, de confort térmico, se debe considerar como factores meteorológicos básicos la temperatura, la humedad, el viento y la radiación solar como también su variabilidad a través del tiempo (día, mes o año). Por consiguiente, debe tenerse en cuenta ciertos factores, como la constitución física, la edad, la dieta, el grado de alimentación y las influencias culturales de los habitantes, así como las actividades al sol o sombra y la aclimatación. (IDEAM, 2015)

Sin embargo, si se supone una persona joven común, que viste apropiadamente, que se encuentra sana física y mentalmente, entre otros. De tal forma que la sensación de confort es causada únicamente por las condiciones térmicas ambientales (factores climatológicos), entonces se puede decir que el confort para esa persona es la condición mental que expresa satisfacción con el medio que le rodea. (FANGER, 1970)

Dichos factores climatológicos intangibles permiten el análisis del confort climatológico de una zona geográfica y observar como esto condiciona la vida de sus habitantes en relación con sus actividades económicas y turísticas como también la construcción de espacios urbanos. (TERJUNG, 1966)

La finalidad de este trabajo es medir tres diferentes índices de confort: Índice de Temperatura Efectiva, (indicado por Landsberg y Missenard) índice de enfriamiento de Court, y el diagrama climatológico o índice de confort de Terjung, para realizar con ellos un análisis comparativo, aplicado al departamento del Cauca, esto a partir de la información de 18 estaciones ubicadas en el departamento, y así establecer las condiciones climáticas regulares a las actividades humanas. Esto entre otras cosas es base para: aumentar la eficiencia de producción laboral (determinando las horas confortables para la realización de las actividades del empleado), evitar futuras enfermedades laborales (por condiciones extremas de los factores meteorológicos básicos).

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El departamento del Cauca se puede definir como un territorio diverso, el cual está moldeado por su variedad étnica, lingüística y geográfica; esta última se puede observar en la división de provincias administrativas. Por ejemplo la provincia Norte tiene la geografía característica de la cordillera Central y Occidental, provincia Centro comprende el altiplano de Popayán además del macizo colombiano, en la provincia Pacifico se cuenta con 150 kilómetros de costa sobre el pacifico (GAMARRA, 2007). En la provincia occidente se encuentra la llanura del pacifico, en la provincia sur se encuentra el valle del Patía y la cuenca de la amazonia caucana. Cada una de las zonas mencionadas anteriormente presenta diferentes condiciones de altitud, temperatura, humedad, pluviosidad y Relieve.

Desde una visión económica el departamento del Cauca, de acuerdo con las cifras del último censo DANE 2005, de 1.268.937 habitantes que tiene el departamento, más del 60% de la población pertenece a zona rural, repercutiendo en condiciones de pobreza además el cauca posee el quinto lugar en relación al porcentaje de población en las zonas rurales que se dedican mayoritariamente a la explotación agrícola, esta sobre explotación pese a la gran diversidad de sus suelos ha tenido efectos negativos debido a que gran parte del territorio no posee vocación productiva para el cual se está explotando, un ejemplo es la ganadería extensiva pues se explota hasta el 30% de hectáreas en el departamento siendo que la vocación de los suelos hacia este campo no supera el 2%. Si a esto le añadimos que El 36,41% del departamento lo conforman suelos que deberían destinarse a la “conservación” y un 25,11% debería destinarse a la producción y protección forestal con una participación única del 4,35% que se utiliza de acuerdo a sus aptitudes productivas, entonces es claro que los limitantes alrededor de la explotación agrícola en el departamento son bastante altos, teniendo sin embargo alternativas a que apostarle tal como se hace en la provincia norte donde se da más importancia a la infraestructura con la incursión de industria y agroindustria. (GAMARRA, 2007)

Con lo anterior, podemos notar que el departamento del Cauca pese a su diversidad climática y geográfica, también se caracteriza por poca fertilidad de suelos y poca vocación productiva. Además de condiciones desordenadas de explotación de suelo o conflicto de uso, si añadimos a eso enfermedades laborales debido al trabajo en condiciones de altas o bajas temperaturas, y variaciones de humedad relativa y velocidad del viento, a las que está sometida la población que de una u otra manera se beneficia del deficiente sistema agrícola, y de la explotación agroindustrial (Cultivos de Caña en el norte del Cauca). Considerando también que, la ampliación de la frontera agrícola disminuye cada vez más las zonas protegidas como los páramos, y parques naturales alterando notablemente los factores climáticos antes mencionados y cambiando la percepción de confort en las personas, situación que está en decremento del medio ambiente y de los ecosistemas tan ricos en este departamento.

2. JUSTIFICACION

Este proyecto sustenta su relevancia y pertinencia en la evaluación de la percepción climática para determinar situaciones de confort con tres índices: Índice de Temperatura Efectiva (indicado por Landsberg y Missenard), índice de enfriamiento de Court, y el diagrama climatológico o índice de confort de Terjung. Se utilizan estos índices de confort bioclimático, porque requieren más de un elemento atmosférico para su análisis, ya que dependen de la combinación de tres factores climatológicos básicos que son: Temperatura media, Humedad relativa y velocidad del viento.

Ahora bien; el departamento del Cauca presenta una amplia variedad climática por lo que zonificar el departamento en una serie de sub regiones acorde al confort térmico puede ayudar a que futuros proyectos de vivienda, turismo u ocio tengan un punto de partida que les permita diseñar, garantizando el confort del individuo desde un punto de vista térmico y estético. Al mismo tiempo la planificación urbana puede estar ligada a la confortabilidad climática dado que no todas las zonas de una ciudad o municipio presentan las mismas condiciones de temperatura o humedad , por ello se hace importante que dichos estudios se conviertan en una herramienta de diseño de espacios públicos; Además en un contexto donde las construcciones están estandarizadas, y las condiciones de confort se garantizan mediante la utilización de herramientas mecánicas que consumen una gran cantidad de recursos naturales afectando al medio ambiente. Se hace necesario que todas los diseños arquitectónicos de las zonas urbanas incluyendo parques, espacios públicos y demás, cuenten con estudios de confort térmico que permitan en última instancia adaptar dichas zonas al medio en el que se encuentran. En el ámbito nacional o departamental se han realizado pocos estudios sobre como los factores climáticos inciden en la percepción de bienestar de sus habitantes, y como esto afecta las potencialidades del territorio; por ejemplo el departamento del Cauca a pesar de sus limitaciones mencionadas en el planteamiento del problema, tiene potencial en términos de producción y conservación forestal. Además, José Gamarra Vergara en su trabajo titulado Economía del Departamento del Cauca “Concentración de tierras y pobreza” realizado en el año 2007; enuncia otros sectores como: artesanías, conglomerado industrial, región de conocimiento, turismo, minería y software, que se han venido desarrollando hasta la fecha actual, cuyas limitaciones territoriales y campo de producción, deben ser argumentados en un eficiente ordenamiento territorial, hasta ahora disperso; Con la realización de este trabajo no solo se obtendrá como conclusión los rangos de confort climático humano en las provincias del departamento, sino que sentara bases en redimir el conflicto de uso de suelos y el deterioro ambiental además de apoyar el desarrollo de las potencialidades económicas del Departamento ya que dará cuenta de escenarios climáticos indicados para la óptima realización de las actividades laborales.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer las condiciones de confort climático en el Departamento del Cauca y sus actividades económicas en general.

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar la temperatura efectiva y el confort térmico en el departamento del Cauca.
- Comparar y establecer una relación entre los resultados de los diferentes índices de confort, para establecer rangos precisos de confortabilidad climatológica.
- Proponer estrategias que permitan adecuar las condiciones de confort climático acorde con las actividades socioeconómicas que se realizan en el departamento.

4. ANTECEDENTES

Los estudios de confort humano expresado en un ambiente fisio-climático que estudia por lo menos 3 variables, fisiológicas y psicológicas: la temperatura, humedad relativa y el enfriamiento del viento, que combinados en dos nomogramas y usando los valores medios de las estaciones meteorológicas de Estados Unidos para así crear un índice de confort fue planteado por Terjung (1966), además Terjung combina el índice de bienestar de Thom y el índice de enfriamiento por el viento de Court para obtener 11 categorías fisio-climáticas que modelan la mayoría de condiciones y sensaciones posibles. En México Soto Mora (1974) utilizó el índice de Terjung con la finalidad de encontrar relación entre el índice de confort climático y las actividades económicas desempeñadas en diferentes partes de la república Mexicana.

En Colombia los estudios realizados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia IDEAM, utilizó los datos de por lo menos 296 estaciones climatológicas ubicadas en diferentes regiones del país tomando los valores medios de temperatura y humedad, no obstante los resultados no reflejaron una visión clara de confort climático del territorio nacional, dado que los valores de viento tenían variaciones significativas durante la mayor parte del año, solo el 19% de las estaciones estaban ubicadas en zonas de confort con alturas comprendidas entre los 1000 y 2000 msnm y el 63% de las mismas se agrupan en alturas comprendidas 1200 y 1600 metros, que contaban con condiciones ideales de temperatura, humedad relativa y brillo solar; la zona de convergencia intertropical (ZCIT), que está ligada a la precipitación, además las variables de carácter orográfico pueden afectar de manera significativa los movimientos de las masas de aire, provocando variaciones en el microclima de una determinada región del país, el estudio también recalca el hecho de que zonas de la costa atlántica o la Orinoquia que están por debajo de los 1000 msnm también presentan buenas zonas de confort, debido al buen comportamiento de los valores medios de temperatura y humedad relativa. (IDEAM,. 2015)

5. MARCO TEORICO

5.1. CLIMA

El clima es el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, caracterizado por los estados y evoluciones del tiempo, durante un periodo de tiempo y un lugar o región dada, y controlado por los denominados factores forzantes, factores determinantes y por la interacción entre los diferentes componentes del sistema climático. Debido a que el clima se relaciona generalmente con las condiciones predominantes en la atmósfera (uno de los componentes del sistema), éste se describe a partir de variables atmosféricas como la temperatura y la precipitación; sin embargo, se podría identificar también con las variables de otros de los componentes del sistema climático. (IDEAM, 2015)

5.2. BIOCLIMATOLOGIA

La Bioclimatología, que podría denominarse también Fitoclimatología, es una ciencia ecológica que estudia la reciprocidad entre el clima y la distribución de los seres vivos en la Tierra. Esta disciplina comenzó a estructurarse en base a relacionar los valores numéricos del clima (temperatura y precipitación) con los areales de las plantas y de sus formaciones vegetales, para añadir más adelante información de las biogeocenosis; recientemente está incorporando conocimientos procedentes de la Fitosociología dinámico-catenal, es decir los conocimientos sobre los sigmetum y geosigmetum (series y geoseries de vegetación). (RIVAS, 2004)

5.3. CONFORT CLIMATICO

Al hablar de confort climático, o de una manera más precisa, de confort térmico, se debe considerar como elementos meteorológicos básicos la temperatura, la humedad, el viento y la radiación solar y su variabilidad a través del día y del año; además, debe tenerse en cuenta ciertos factores, como la constitución física, la edad, la dieta, el grado de alimentación y las influencias culturales de los habitantes, así como las actividades al sol o sombra y la aclimatación. (IDEAM, 2015)

El concepto de confort es un término que puede ser observado desde diferentes puntos de vista. La mayoría de los autores lo entienden como un estado de bienestar climático o térmico. Ese estado de bienestar es consecuencia de un cierto equilibrio entre el hombre y su medio, y entre sus condiciones fisiológicas y las ambientales. (TORNERO, et al., 2006)

5.4. SENSACION TERMICA

La sensación térmica se valora en la práctica a través de los llamados índices de confort; los índices surgieron por la necesidad de observar los efectos de las variables que afectan los intercambios físicos entre el cuerpo humano y el ambiente y sobre las respuestas fisiológicas y sensoriales de las personas. En principio, mientras más variables se incluyan más precisa será la evaluación. Sin embargo, la práctica muestra

que a veces los más complicados no son siempre los más exactos y los más simples no son siempre los más fáciles de aplicar. (hidromet.com.pa, 2017). Estos índices se desarrollan a partir de dos criterios.

5.4.1. Criterios Psicológicos

Estos son proporcionados por los laboratorios de investigación ASHVE (Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción y Ventilación) basado en ciertos porcentajes de opiniones expresadas por personas sometidas a experimentos con diferentes temperaturas y condiciones de Humedad Relativa, Siendo el índice de Temperatura Efectiva que combina además leves movimientos del aire el que más datos acertados ofrece. Teniendo en cuenta que los rangos de confort no son estáticos en el tiempo, pues responden a variables como los hábitos de la ropa, y uso de diferentes materiales de vestimenta. Terjung toma para su monograma los datos más recientes. (TERJUNG, 1966)

5.4.2. Criterios Fisiológicos

Teniendo en cuenta la formula Básica (1) en termodinámica, para el intercambio de calor entre un organismo y su entorno climático:

$$M = \pm S \pm E \pm R \pm C \quad (1)$$

Dónde:

M= Tasa de Metabolismo.

S= Tasa de almacenamiento (Cambios en el calor corporal intrínseco).

E= Tasa de evaporación (Pérdida de Calor).

R= Tasa de radiación (pérdida o Ganancia de calor).

C= Pérdida o ganancia por convección.

Se desarrollan los criterios fisiológicos donde se observa el comportamiento del cuerpo a diferentes temperaturas y condiciones de humedad, Dubois en su trabajo titulado el mecanismo de la pérdida de calor y regulación de temperatura publicado en 1937, hace referencia a que en la anterior Formula si S esta entre [27, 30] °C para un sujeto desnudo, en reposo y al aire, la relación de perdida de calor en el cuerpo estaba en un equilibrio, denominando a esta la zona neutral.

Si hubiera una disminución de la Temperatura, el cuerpo intentara evitar el desequilibrio disminuyendo su flujo de sangre en la piel al contraer los vasos cerca de la superficie del cuerpo para preservar la temperatura interna del cuerpo denominando a este proceso Zona de Regulación Vaso- Motor (DUBOIS, 1937).

A temperaturas inferiores de 21 ° C la sudoración no participa y la humedad relativa tiene poca importancia. A menores temperaturas se produce calor por contracción o tensión muscular aumentando la tasa metabólica, a esta zona se le conoce, como regulación metabólica contra el frío (DUBOIS, 1937).

A temperaturas mayores a la Zona neutral, se activa la zona de regulación vaso- Motor, donde el flujo de la sangre en la piel aumenta perdiendo calor con la dilatación de los vasos sanguíneos. A medida que aumenta la temperatura se entra en la zona de regulación- Evaporación contra el calor, donde aumenta la actividad de las glándulas sudoríparas y la tasa de secreción. Promovido también por baja Humedad relativa, y presión del aire, Es importante el control de la humedad a partir de 29°C, Esta etapa termina cuando se llega a 35,5°C punto en que la temperatura de la piel de vuelve más baja que la Temperatura del aire circundante, esto hace inevitable el calentamiento corporal en este punto alterar las condiciones de presión de aire, se hace una responsabilidad ya que en lugar de perder calor por evaporación, se gana por conducción (DUBOIS, 1937).

6. METODOLOGIA

En primera instancia con el fin de identificar la temperatura efectiva se procesaran la totalidad de los datos proporcionados por las 18 estaciones meteorológicas, en al menos tres parámetros básicos a evaluar que son temperatura, humedad relativa, y velocidad del viento, hasta el año 2016, dado que algunos datos o valores pueden faltar se utilizara el método de estimación por promedios y el método de la U.S National Wheather Service para completar estos. Luego se organizara la información en valores promedios (mínimos, medios, máximos) con variaciones de meses y años, con el fin de conocer los meses de mayor y menor aporte en los parámetros señalados, además de la variación anual, con el fin de obtener un valor general de los picos extremos de estos mismos parámetros.

Dichos datos serán utilizados para calcular los índices de confort (Índice de Temperatura efectiva, índice de enfriamiento eólico de Siple y Passel, ecuación de Court) en el departamento del Cauca y se procederá a comparar y establecer una relación entre los resultados de los diferentes índices de confort, para establecer rangos precisos de confortabilidad climatológica acorde al diagrama de confort climático de Terjung.

Luego, se contrastara los resultados de los índices utilizados, esperando que las variaciones de los valores de un índice respecto a otro sean mínimas, dado el caso de que estas variaciones sean insustentables se procederá a corregir posibles errores.

Por último, se hará un análisis cartográfico de los datos ofrecidos por los índices utilizando como herramienta el Software ArcGIS 10.3, lo cual nos permitirá finalmente ofrecer conclusiones del confort climático del Departamento del Cauca respecto a su variada estructura geográfica para proponer estrategias que permitan adecuar las condiciones de confort climático acorde con las actividades socioeconómicas que se realizan en el departamento.

7. HOMOGENIZACION Y ANALISIS DE LAS VARIABLES CLIMATOLOGICAS

DATOS ESTACIONES METEOROLOGICAS

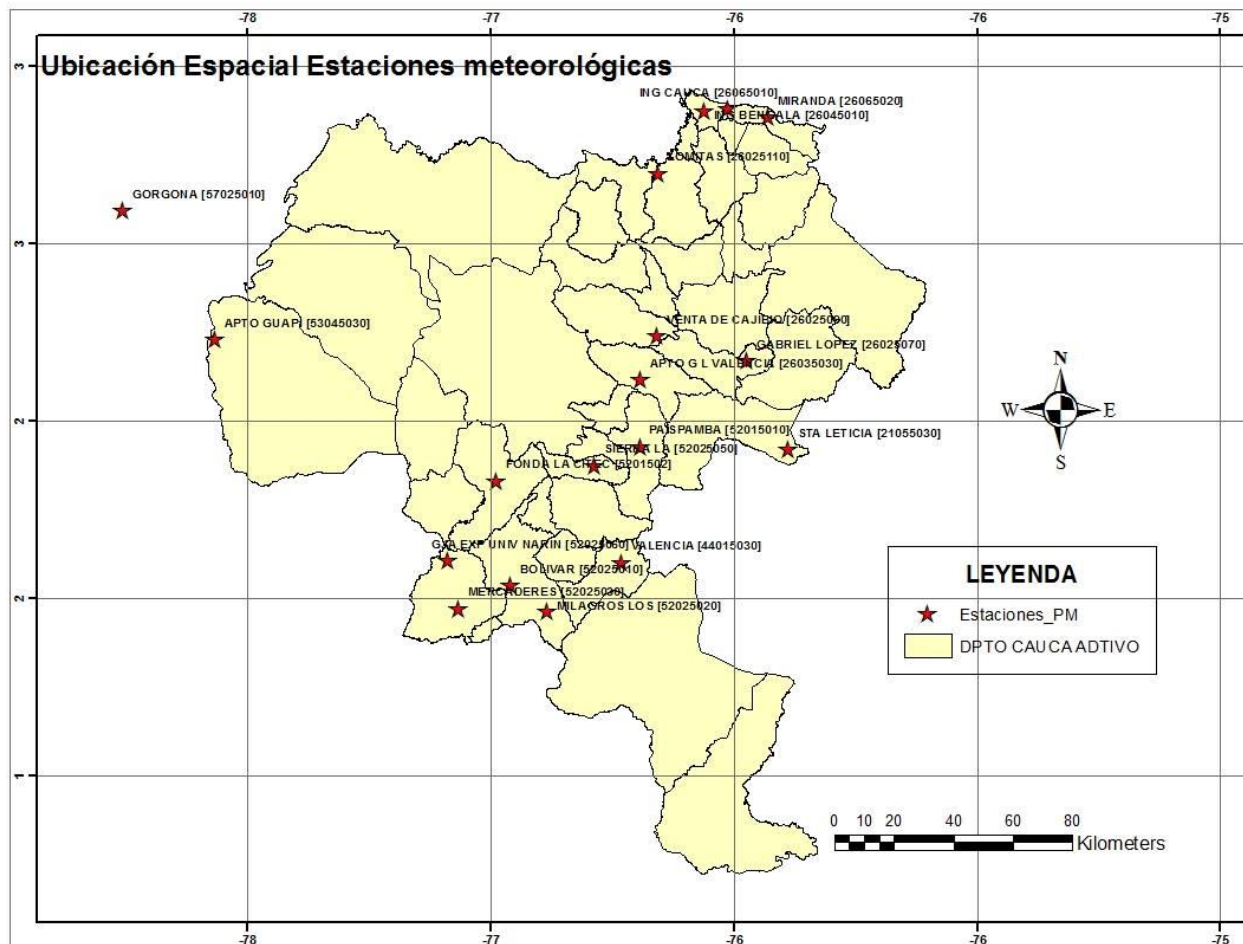
Las estaciones meteorológicas ubicadas a lo largo del territorio caucano en relación a su clasificación permiten medir una serie de variables climatológicas que pueden ser temperatura, humedad relativa, velocidad de viento, brillo solar, punto de rocío entre otras variables a pesar de ello las estaciones meteorológicas pueden presentar diferentes tipos de fallas o desperfectos que pueden generar datos faltantes en los reportes de las variables medidas; además para el estudio realizado solo se tuvo en cuenta estaciones activas y que tengan una continuidad en su serie de datos hasta el año 2016 como también que sean del tipo CO , CP o SP las cuales cuentan con los instrumentos de medición requeridos para el estudio del confort climático en el departamento del cauca. Bajo los criterios expuestos anteriormente se seleccionaron un total de 18 estaciones meteorológicas que están repartidas por todo el territorio caucano, que se encuentran en completa operación o actividad, además se tuvo en cuenta que la serie de datos reportada fuese desde 1997 hasta el año 2016, para tener un intervalo de confianza de 20 años, con la finalidad de realizar cálculos precisos y actuales sobre el índice de confort en el departamento del cauca.

Cuadro 1. Estaciones Meteorológicas Utilizadas

ESTACION	UBICACIÓN			TIPO EST	CODIGO
	Latitud	Longitud	M.s.n.m		
BOLIVAR	0149 N	7700 W	1510 m.s.n.m	CO	52025010
LOS MILAGROS	0145 N	7653 W	2300 m.s.n.m	CO	52025020
VENTA CAJIBIO	0235 N	7633 W	1850 m.s.n.m	CO	26025090
APTO GUAPI	0234 N	7753 W	0010 m.s.n.m	CO	53045030
GORGONA	0257 N	7810 W	0010 m.s.n.m	CP	57025010
LA SIERRA	0211 N	7645 W	1870 m.s.n.m	CO	52025050
UNIV NARIÑO	0154 N	7711 W	0580 m.s.n.m	CP	52025060
MERCADERES	0145 N	7709 W	1174 m.s.n.m	CO	52025030
ING CAUCA	0316 N	7620 W	1000 m.s.n.m	CO	26065010
MIRANDA	0314 N	7613 W	1128 m.s.n.m	CO	26065020
LA FONDA	0208 N	7702 W	0635 m.s.n.m	CO	52015020
APTO GL VALENCIA	0227 N	7636 W	1749 m.s.n.m	SP	26035030
ING BENGALA	0315 N	7624 W	1000 m.s.n.m	CO	26045010
SANTA LETICIA	0214 N	7609 W	2085 m.s.n.m	CO	21055030
VALENCIA	0154 N	7640 W	2900 m.s.n.m	CP	44015030
LOMITAS	0304 N	7633 W	1001 m.s.n.m	CO	26025110
PAIS PAMBA	0215 N	7636 W	2450 m.s.n.m	CO	52015010
GABRIEL LOPEZ	0230 N	7617 W	3000 m.s.n.m	CO	26025070

Fuente: Elaboración propia

Figura 1. Ubicación espacial de las estaciones meteorológicas



Fuente: Elaboración propia

7.1. DISTRIBUCION ESPACIAL DE LAS ESTACIONES METEOROLOGICAS

Para conocer la distribución espacial de la temperatura efectiva en el departamento del cauca se hace necesario conocer el rango de influencia de las estaciones meteorológicas activas ubicadas en el departamento del cauca más allá del nivel de referencia de 30 Km en zona de montaña y 250 Km en zonas planas. (OMM, 2012).

Método de los Polígonos de Thiessen

El método de interpolación de los polígonos de Thiessen se realizó utilizando el software ArcGIS 10.3 con la finalidad de establecer el nivel de influencia de cada pluviómetro, para ello se requiere el conocimiento de la ubicación de las estaciones meteorológicas

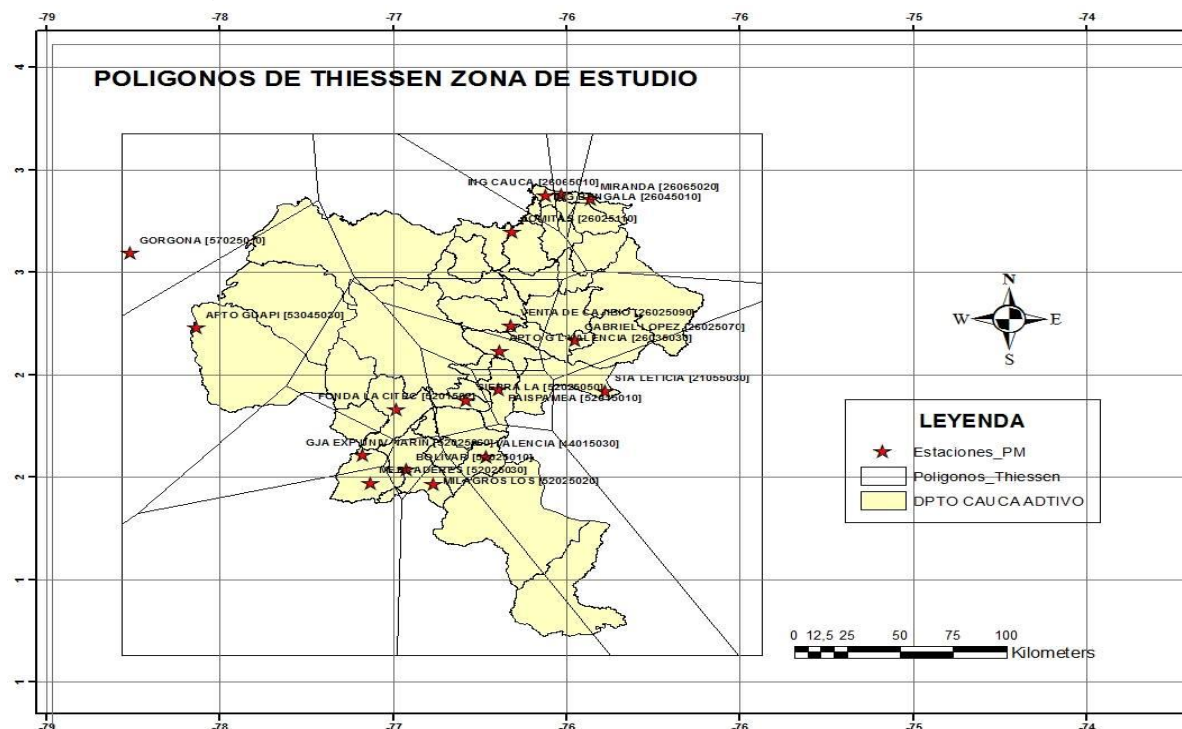
dentro del área de estudio y así calcular el área de influencia del pluviómetro. Así se van formando triángulos entre las estaciones más cercanas uniéndolas con segmentos rectos sin que éstos se corten entre sí y tratando que los triángulos sean lo más equiláteros posibles.

Cuadro 2. Áreas calculadas con el método de polígonos de Thiessen

ESTACION	PRESIPITACION EN mm/s	AREA POLIGONOS DE THIESSEN Km2
BOLIVAR	138	585
LOS MILAGROS	120	6850
VENTA CAJIBIO	178	2317
APTO GUAPI	422	10467
GORGONA	587	6612
LA SIERRA	187	1038
UNIV NARIÑO	97	3789
MERCADERES	113	12493
ING CAUCA	132	1989
MIRANDA	143	7080
LA FONDA	158	3766
APTO GL VALENCIA	165	1315
ING BENGALA	133	747
SANTA LETICIA	149	12290
VALENCIA	149	7768
LOMITAS	153	7164
PAIS PAMBA	149	1029
GABRIEL LOPEZ	86	3795

Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Polígonos de Thiessen departamento del Cauca



Fuente: Elaboración propia

7.2. HOMOGENIZACION DE DATOS

Es muy común encontrar en los reportes climatológicos datos faltantes ya sea diarios, mensuales o anuales, por lo que se deben aplicar criterios para completar las series de tal manera que no se presenten inconsistencias en el análisis estadístico, por ende acorde a lo recomendado por la OCDE y Eurostat para el análisis de la calidad de la información meteorológica la continuidad de datos en la serie reportada debe ser superior al 80%.

En algunas estaciones y para algunos parámetros la continuidad de los valores no cumplía con ese requisito, para solucionar esto se utilizaron 2 métodos de estimación, como son el método del Promedio y el método de la U.S National Weather Service, el primero fue utilizado cuando los datos faltantes eran menores o iguales al 20% y el segundo cuando se excedía dicho porcentaje situación que se presentó en 4 de las 18 estaciones analizadas que son Lomitas , Ingenio Bengala , La Fonda , Ingenio Cauca y Sta. Leticia.

Además para el parámetro velocidad de viento se utiliza la ecuación de variación vertical del viento. Con el mismo ánimo de cumplir con más del 80% de continuidad en los datos.

7.2.1. Método por sustitución del promedio

Si en un área sólo se dispone de una estación de registro, cuya serie de datos es lo suficientemente extensa, y la variable a considerar no presenta fuertes variaciones, es recomendable utilizar la fórmula de sustitución del promedio (2) con el fin de promediar los datos del periodo y utilizar este promedio como una estimación aproximada del dato faltante; este procedimiento puede ser aplicable a series de datos con intervalos diarios, mensuales y anuales de magnitudes meteorológicas como la temperatura, la precipitación o la humedad relativa. (GUEVARA, 1987)

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i \quad (2)$$

Donde:

D: Valor promedio asociado a la variable meteorológica ausente para un periodo cronológico

n: Corresponde al valor numérico del número de datos con el que se cuenta para dicho periodo

7.2.2. Método de U.S National Weather Service

Este procedimiento es aplicable para encontrar los datos faltantes de una estación sobre la base de los registros de las estaciones cercanas y puede ser aplicado para estimar valores diarios, mensuales o anuales (Campos, 1992).

El método (3) consiste en ponderar los valores observados en una cantidad W , igual al recíproco del cuadrado de la distancia (D) entre cada estación vecina y la estación A . La variable meteorológica buscada P_x será igual a:

$$P_x = \frac{\sum P_i \cdot W_i}{\sum W_i} \quad (3)$$

Dónde:

P_x : Dato perdido para el día, mes, o año en la estación x

P_i : Dato existente en la estación auxiliar i , donde $i = 1, 2, \dots, n$ (mínimo $n=2$) para el mismo día, mes o año.

W_i : $1/D_i^2$; Siendo D_i la distancia entre cada estación circundante auxiliar y la estación del dato perdido

7.2.3. Variación vertical del viento

La fórmula para calcular velocidad del viento (4) a una cierta altura sobre el nivel del suelo es:

$$v = v_{ref} * \ln(z / z_0) / \ln(z_{ref} / z_0) \quad (4)$$

Dónde:

v = Velocidad del viento a una altura z sobre el nivel del suelo, m/s

$\ln(\dots)$ = Función logaritmo natural

v_{ref} = Velocidad de referencia o conocida a una altura z_{ref} , m/s

z = Altura sobre el nivel del suelo para la velocidad deseada v , m

z_0 = Longitud de rugosidad en la dirección del viento actual, m

z_{ref} = Altura de referencia, (a la que se conoce la velocidad del viento exacta, v_{ref}), m

Cuadro 3. Clases y longitudes de rugosidad

Clase de rugosidad	Longitud de rugosidad m	Indice de energía (%)	Tipo de paisaje
0	0.0002	100	Superficie del agua
0.5	0.0024	73	Terreno completamente abierto con una superficie lisa, ej. Pistas de aeropuertos, césped cortado,
1	0.03	52	Área agrícola abierta sin cercados ni setos y con edificios muy dispersos. Solo colinas suavemente redondeadas
1.5	0.055	45	Terrenos agrícolas con algunas casas y setos resguardantes de 8 metros de altura con una distancia proximada de 1250 m
2	0.1	39	Terreno agrícola con algunas casas y setos resguardantes de 8 metros de altura con una distancia aproximada de 500 metros
2.5	0.2	31	Terreno agrícola con muchas casas, arbustos y plantas, osetos reguardantes de 8 metros de altura de una distancia aproximada de 250 metros
3	0.4	24	Pueblos ciudades pequeñas, terreno agrícola, con muchos o altos setos resguardantes, bosque y terreno
3.5	0.8	18	Ciudades más grandes con edificios altos
4	1.6	13	Ciudades muy grandes con edificios altos y rascacielos

Fuente: Definiciones de acuerdo con el Atlas Eólico Europeo, WASP.

Cuadro 4. Valores de Temperatura, Humedad Relativa y Velocidad de Viento.

ESTACION	UBICACIÓN			TEMPERATURA EN °C 1997-2016			HUMEDAD RELATIVA %1997-2016	VELOCIDAD DE VIENTO EN m/s 1997-2016
	Latitud	Longitud	M.s.n.m	T°C MAX	T°C MEDIA	T°C MIN	HR% MEDIA	Vv MEDIA
BOLIVAR	0149 N	7700 W	1510 m.s.n.m	24	22	20	75	1
LOS MILAGROS	0145 N	7653 W	2300 m.s.n.m	18.5	17	14.6	81	2
VENTA CAJIBIO	0235 N	7633 W	1850 m.s.n.m	20.6	18	16.7	82	1
APTO GUAPI	0234 N	7753 W	0010 m.s.n.m	27.9	26	24.7	88	1
GORGONA	0257 N	7810 W	0010 m.s.n.m	27.2	26	25.5	89	1
LA SIERRA	0211 N	7645 W	1870 m.s.n.m	19.7	18	16.7	82	1
UNIV NARIÑO	0154 N	7711 W	0580 m.s.n.m	29.0	27	25.0	72	2
MERCADERES	0145 N	7709 W	1174 m.s.n.m	24.8	23	21.7	77	1
ING CAUCA	0316 N	7620 W	1000 m.s.n.m	25.1	24	22.3	80	1
MIRANDA	0314 N	7613 W	1128 m.s.n.m	24.5	24	22.9	84	1
LA FONDA	0208 N	7702 W	0635 m.s.n.m	27.9	26	22.3	78	2
APTO GL VALENCIA	0227 N	7636 W	1749 m.s.n.m	20.8	19.5	18.3	77	1
ING BENGALA	0315 N	7624 W	1000 m.s.n.m	26.0	24.4	23.0	79	1
SANTA LETICIA	0214 N	7609 W	2085 m.s.n.m	16.7	15.7	14.7	77	2
VALENCIA	0154 N	7640 W	2900 m.s.n.m	11.9	11.0	10.0	85	3
LOMITAS	0304 N	7633 W	1001 m.s.n.m	25.0	24	23.2	76	1
PAIS PAMBA	0215 N	7636 W	2450 m.s.n.m	15.1	14	13.0	82	2
GABRIEL LOPEZ	0230 N	7617 W	3000 m.s.n.m	11.3	10.6	9.8	75	3

Fuente: Elaboración propia

8. COMPORTAMIENTO DE LOS PARAMETROS ANALISADOS

CARACTERISTICAS CLIMATICAS GENERALES

La República de Colombia se encuentra ubicada en la esquina noroccidente de América del Sur, sobre la línea ecuatorial, en plena zona tórrida. Tiene características generales al ecuador terrestre, como 12 horas de luz solar, precipitaciones altas que pueden estar entre 1500 y 2000 mm por año y dos épocas marcadas, una seca y otra de lluvia que se repite cada año en ausencia de estaciones.

Sin embargo tiene diferencias marcadas en muchas de sus zonas a los climas Ecuatorial y tropical, gracias a diversos factores, entre ellos la altitud (medida sobre el nivel del mar) para Colombia influenciada por la cordillera de los Andes, a quien debemos Los climas de montaña, cuya característica principal es que a mayor altura menor temperatura.

El departamento del Cauca ubicado en la región Andina, es un símil de Colombia, pues aquí se encuentran contenidos la mayoría de pisos térmicos, desde cálido para el Occidente del departamento por su cercanía al mar, hasta paramo que se extiende en zonas de la provincia Sur hasta la Oriente (CRC, 2017).

Esta abundancia en pisos térmicos es influencia de la cordillera de los andes y el macizo colombiano, lo cual permite también diversos tipos de climas, que impiden un estudio unilateral con conclusiones similares a todo el departamento, Por lo que para objetivos de este trabajo se dividirá el departamento en zonas específicas de estudio, aprovechando la división en provincias, pues estas comparten intervalos no muy distantes de los cuatros parámetros climáticos a utilizar, tal como se muestra en la figura 3.

Figura 3. División provincial del cauca



Fuente: Provincias del Cauca, Wikipedia

Cuadro 5. División en Provincias

PROVINCIA SUR	MUNICIPIO	ESTACION	CODIGO
	MERCADERES	UNIV NARIÑO	52025060
		MERCADERES	52025030
	BOLIVAR	BOLIVAR	52025010
		LOS MILAGROS	52025020
	SAN SEBASTIAN	VALENCIA	44015030
PATIA	LA FONDA	52015020	
PROVINCIA CENTRO	MUNICIPIO	ESTACION	CODIGO
	SOTARA	PAIS PAMBA	52015010
	LA SIERRA	LA SIERRA	52025050
	CAJIBIO	VENTA CAJIBIO	26025090
	POPAYAN	APTO GL VALENCIA	26035030
PROVINCIA ORIENTE	MUNICIPIO	ESTACION	CODIGO
	PERACE	SANTA LETICIA	21055030
	TOTORO	GABRIEL LOPEZ	26025070
PROVINCIA OCCIDENTE	MUNICIPIO	ESTACION	CODIGO
	GUAPI	APTO GUAPI	53045030
		GORGONA	57025010
PROVINCIA NORTE	MUNICIPIO	ESTACION	CODIGO
	SANTANDER QUILICHAO	LOMITAS	26025110
	PUERTO TEJADA	ING BENGALA	26045010
	MIRANDA	MIRANDA	26065020
		ING CAUCA	26065010

Fuente: Elaboración propia.

8.1.1. Oscilación Anual De La Temperatura.

Esta, resulta de la diferencia entre las temperaturas mayor y menor de las medias mensuales. Mosiño y Benassini (1974, p.102) Con este simple procedimiento podremos entender el valor de la oscilación térmica en un tiempo dado, es decir en qué momento del año, hay una caída o alza de la temperatura, y como esta afecta el confort climático, en el departamento del Cauca.

Entonces para la provincia centro se tomaran los Datos de tres estaciones:

Paispamba, APTO Valencia, La Venta Cajibío, y la Sierra. Restando el mes de menor temperatura al de mayor temperatura, los resultados se muestran en el cuadro 6.

Cuadro 6. Oscilación térmica anual (O.T.A) para la provincia centro.

PROVINCIA	ESTACIONES	TEMPERATURA MENSUAL(°C)		OTA(°C)	OTA(°C) PROMEDIO
		MAXIMO	MINIMO		
CENTRO	Paispamba	Mayo	Noviembre	1.0	1.3
		14.4	13.4		
	APTO Valencia	Agosto	Noviembre	0.9	
		19.9	19.0		
	Venta de Cajibío	Agosto	Noviembre	1.3	
		19.2	17.9		
	La Sierra	Agosto	Noviembre	1.8	
		18.9	17.3		

Fuente: Elaboración propia.

De esta tabla se puede observar un valor promedio, para la provincia centro de 1.3, los resultados de las demás provincias y sus estaciones se encuentran en la Tabla anexo N° 1, sin embargo ninguna provincia supera los 5° C en la Oscilación Térmica Anual, valor en el cual se considera insignificante o de poca relevancia (CHICOTE, 1981); Para la Provincia Occidente puede relacionarse con su cercanía al mar y a su efecto termorregulador. Otra de las condiciones que puede explicar este fenómeno es la posición del país sobre el ecuador terrestre o línea del ecuador que ejerce gran influencia en las condiciones climáticas.

Finalmente se puede decir que en el departamento del Cauca, La temperatura no varía significativamente en el año, lo cual ofrece estabilidad en las condiciones de confort, para cada una de las provincias y para el departamento en general.

8.1.2. Oscilación anual de la humedad relativa

Teniendo en cuenta las condiciones tan estables de la temperatura durante el año, se puede hacer un análisis comparativo con el comportamiento de la humedad relativa en el mismo tiempo, para lograr un acercamiento a la situación de confort en el departamento.

Según Antonio Gonzales Salazar, en el trabajo titulado La confortabilidad climática en los parques Las Peñas-Los Ocotillos realizado en el 2015. La humedad relativa elevada en combinación con una temperatura también elevada, provoca incomodidad en las personas al originar sudoración, pero no la suficiente evaporación del sudor, resultando un estado de sofocación o bochorno. Por el contrario, con una temperatura baja, produce sensación de frío húmedo en las personas y condensación del vapor de agua sobre las superficies sólidas.

Para poder observar la oscilación anual de la humedad relativa, se tomaron los datos promedios mensuales, de cada una de las estaciones, organizados en provincias, y se hace un análisis general a estas, un ejemplo de cómo se realizó esto, se muestra para la provincia centro a continuación:

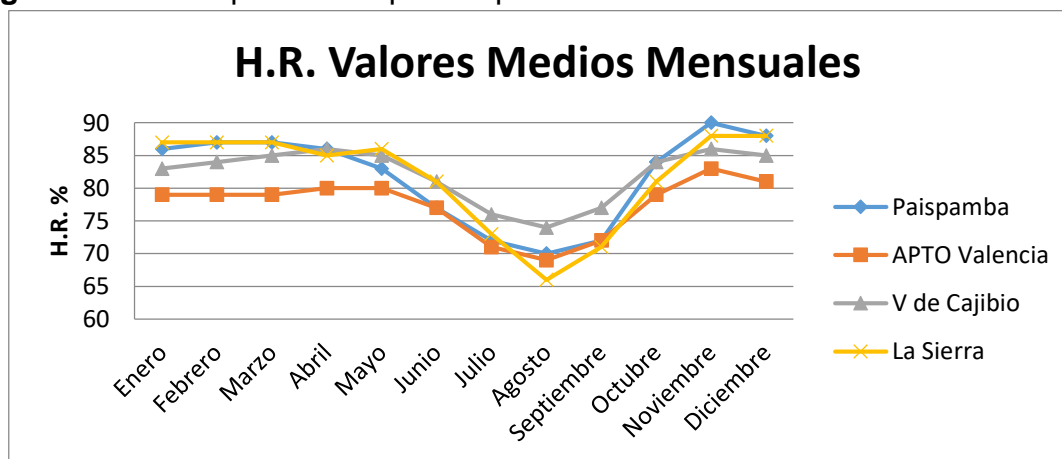
Cuadro 7. Variación la Humedad relativa en la provincia Centro.

Provincia CENTRO	Valores de Humedad Relativa por Cada mes (%)											
Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
PAISPAMBA	86	87	87	86	83	77	72	70	72	84	90	88
APT Valencia	79	79	79	80	80	77	71	69	72	79	83	81
Venta Cajibío	83	84	85	86	85	81	76	74	77	84	86	85
La Sierra	87	87	87	85	86	81	73	66	71	81	88	88

Fuente: Elaboración Propia

Con la información de la anterior tabla se realizaron la siguiente grafica con la cual podremos observar el comportamiento de la humedad relativa durante el año para la provincia centro.

Figura 4. Valores promedios para la provincia centro.



Fuente: Elaboración propia.

Los Cuadros y las Figuras de las provincias restantes se incluyen en el anexo N°2.

Podemos observar para la Provincia Centro que la humedad relativa tiene un comportamiento lineal hasta mayo, después el valor desciende gradualmente hasta el mes de agosto para recuperarse en noviembre y terminar el año con una humedad relativamente alta, Todo esto se desarrolla en un intervalo de [66,90] en % de humedad relativa anual. En la zona aledaña a Paispamba se registran los valores más altos de humedad relativa, hasta mayo por encima del 85% decayendo en el mes de agosto hasta 70% y regresando a valores hasta del 90% en Septiembre, teniendo en cuenta esto y que su Temperatura media anual es de 14°C valor relativamente bajo, podríamos decir que se genera una sensación incomoda de frio húmedo para la población de esta zona.

En la provincia Sur, se observa el mismo comportamiento de la provincia Centro pero en un intervalo de [59,88] en % de humedad relativa. Para la zona aledaña a Valencia, Ubicada en el municipio de san Sebastián, se tiene una humedad relativa muy estable entre 83 y 86% y una temperatura media anual, de 10.8° C, generando una sensación incomoda de frio húmedo. También se observa para la zona aledaña a la estación la Fonda, y la zona aledaña a la estación GJA EXP Univ. Nariño, que se generaría una sensación incomoda de sofocación o bochorno. En condiciones de humedades relativas en el intervalo de [75,80] % y [65,76] % y con valores de temperatura media anual de 25.8°C y 26.8°C, respectivamente.

En la provincia Norte se observa un comportamiento muy estable en cada una de las estaciones con diferencias menores o iguales a 3% de humedad relativa entre el valor más bajo y el más alto, siendo el valor menor en la mayoría para los meses de agosto y septiembre. Para esta Provincia se registran valores en un intervalo de [78,88] % de humedad relativa, Siendo la estación de lomititas que registra el menor valor del intervalo y Las estaciones de Miranda e Ingenio Cauca los que registran el mayor. Además las temperaturas medias anuales que se registran en las estaciones para esta Provincia están en el intervalo de [23.6, 24.4] ° C, Siendo que ambos parámetros son altos la población está expuesta a una sensación de sofocación o bochorno.

Para la Provincia Occidente la estabilidad se acentúa más aun, en un intervalo de [87,90] % de humedad relativa, además esta provincia registra los valores más altos, situación que se asocia con su cercanía al mar. En la población se generaría una sensación de incomodidad o de bochorno pues su temperatura media anual esta alrededor de 26°C, además que la poca variabilidad de los datos para ambos parámetros, harían esa incomodidad notable durante todo el año.

Finalmente para la provincia Oriente se tiene dos estaciones, Gabriel López y Santa Leticia, que registran un comportamiento muy distinto de humedad relativa, mientras que el comportamiento en Santa Leticia es idéntico a la provincia centro y la provincia sur en

un intervalo de [69,83] en % de humedad relativa, El comportamiento en Gabriel López es más estable en un intervalo de [74,77] %, exceptuando el mes de mayo, donde se registra el valor menor (72%). Las Temperaturas medias anuales son para Gabriel López De 10.6 ° C y para Santa Leticia de 15.7°C, ambos Valores Bajos en un intervalo medianamente alto de Humedad Relativa, lo que generaría en la población una sensación incomoda de frio húmedo.

8.1.3. Radiación Solar

La fuente de toda la energía para todos los procesos físicos y biológicos que ocurren sobre la Tierra es la radiación solar. El calor del Sol puede atravesar la atmósfera y calentar la superficie terrestre. Sabemos que en el espacio vacío que separa nuestra atmósfera del Sol, la convección y la conducción son imposibles, de modo que el calor debe transmitirse por otro proceso. Este proceso se llama radiación. (GONZALES et al; pág. 18)

Toda energía que se transmite por radiación, incluyendo el calor, se llama energía radiante. La energía radiante comprende las ondas de radio, las microondas, la radiación infrarroja, luz visible, la radiación ultravioleta, los rayos X y los rayos gamma (HEWITT, 1995).

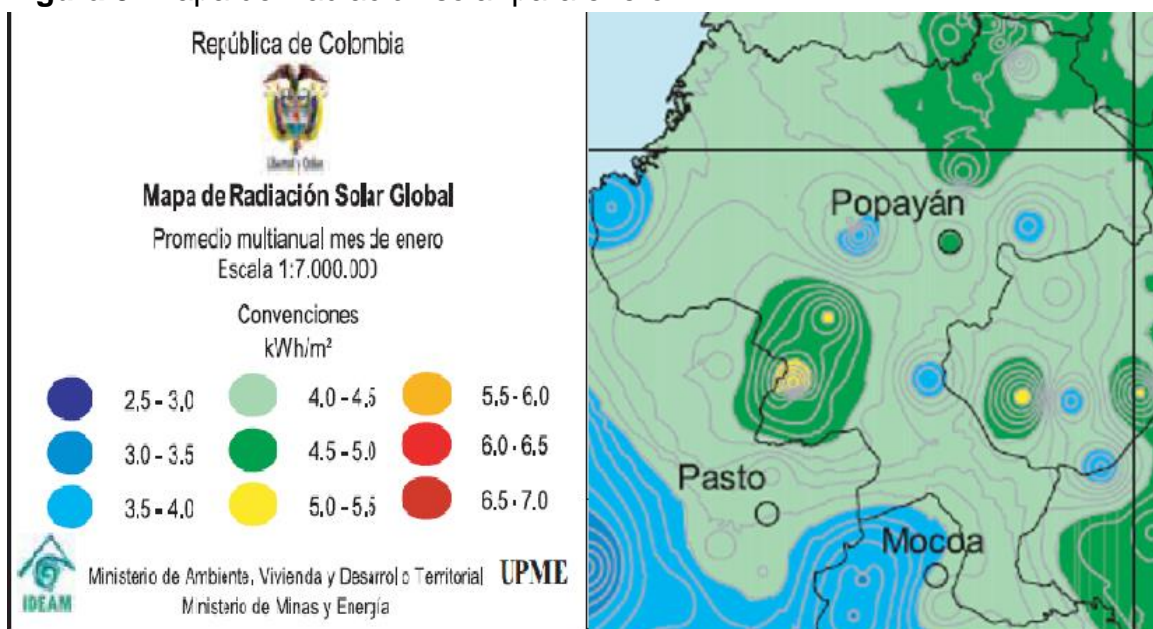
En el departamento del Cauca, no se puede calcular de manera directa este parámetro, ya que no hay información al respecto, en los datos de las 18 estaciones, que nos ofreció el IDEAM, se podría calcular de manera indirecta, teniendo en cuenta los datos de brillo solar, pero esto requiere un profundo análisis estadístico que bien puede tomarse en consideración para otro trabajo de grado, tal como lo hace Orlando Guzmán Martínez, José Vicente Baldión, Ovidio Simbaqueva Fonseca, Henry Josué Zapata, y Cesar Chacón Cardona, en su Trabajo titulado Coeficientes para estimar la radiación solar a partir de brillo solar en la zona cafetera de Colombia, desarrollado en el 2013.

A pesar de que no se puede calcular de manera directa, hay un atlas de radiación solar de Colombia, que indican en 12 mapas de enero a diciembre, Los valores Promedios Mensuales, de todo el territorio colombiano, de donde podemos obtener la radiación solar para el departamento del Cauca. Además de que este Atlas también ofrece un mapa de valores Promedio anuales, representado aquí por la Figura 5. (IDEAM y UPME, 2000)

El atlas ya mencionado se apoyó en información, textos y modelos del Atlas Solar de 1993, realizado por los desaparecidos Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas –INEA– e Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras –HIMAT–, así como en datos e información suministrados por entidades como el IDEAM, Cenicaña y Cenicafé. La clasificación se obtuvo a partir de los datos de 550 Estaciones alrededor de todo el país. En donde los datos de 383 estaciones se obtuvieron a partir de brillo solar por el método utilizado por (Guzmán et al, 2017)

Para propósitos prácticos de nuevo se utilizara la división en provincias, en esta ocasión se dividirán en zonas, siendo la Zona 0, la variación casi homogénea de radiación solar en la mayoría de municipios, y las otras zonas corresponden a los municipios que discrepan del valor general, esto se puede observar en el mapa de radiación solar de enero, en la figura 4, de donde se sacan los valores con que se realiza la cuadro 8 para este mes, en la provincia sur.

Figura 5. Mapa de Radiación solar para enero



Fuente: (IDEAM y UPME, 2000)

Los valores de la convención vienen dados en kWh/m², y se organizan en intervalos que crecen en 5 unidades cada uno, desde 2,5 hasta 7,0, cada uno de estos intervalos tiene un color característico. Para simplificar los datos que se muestran en la cuadro 8 se toma el valor promedio de cada intervalo.

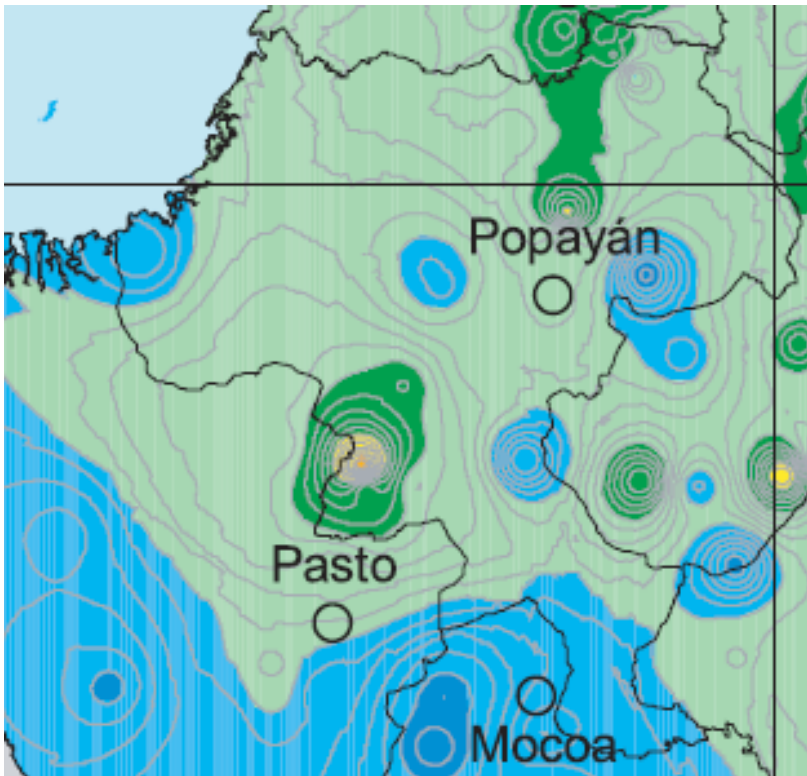
Cuadro 8. Valores promedio de radiación solar para la provincia sur

Zonas	Municipios	R.S. Enero
Zona (0)	Todos menos los de la Zona 1, 2 y 3.	4.25
Zona 1	Mercaderes	4.75
	Patía (El Bordo)	
	Balboa	
Zona 2	San Sebastián	3.75
Zona 3	Santa Rosa	4.25
Bota Caucana	Piamonte	

Fuente elaboración Propia.

Las demás provincias, con sus respectivas zonas se encuentran en el anexo N°3 teniendo todos los valores promedio mensuales hasta el mes de diciembre, a continuación en la figura 5, y en la cuadro 9 se muestra el comportamiento, promedio anual de la radiación solar para el departamento del cauca.

Figura 6. Radiación promedio anual.



Fuente: (IDEAM y UPME, 2000)

La radiación solar es la fuente de energía más importante para nuestro planeta, Fernández (1996, p. 63), señala que todas las variables climáticas dependen directa o indirectamente de la radiación solar. En cuanto a confortabilidad, la sucesión de las estaciones del año y la variación en la duración del día o insolación, trae consigo cambios en la incidencia de la energía solar en un lugar determinado y en consecuencia modificaciones en los elementos del clima, por ejemplo, aumento o disminución de la temperatura, de nubosidad y humedad atmosférica y del viento, los cuales provocan alteraciones en el grado de comodidad o incomodidad en las personas.

Cuadro 9. Radiación solar promedio anual

Provincia	Zonas	Municipios	R.S. Anual
SUR	Zona 0	Todos menos los de las siguientes Zonas.	4,25
	Zona 1	Mercaderes, Patía, y Balboa.	4,67
	Zona 2	San Sebastián	3,83
	Zona 3	Bota Caucana.	4,00
NORTE	Zona 0	Todos, menos Corinto.	4,63
	Zona 1	Corinto.	4,29
CENTRO	Zona 0	Todos menos el Tambo.	4,29
	Zona 1	El Tambo(Munchique P N Natural)	4,63
ORIENTE	Zona 0	Todos, menos los de las siguientes zonas.	3,83
	Zona 1	Caldono	4,33
	Zona 2	Inza	4,25
	Zona 3	Totoro	4,04
Occidente	Zona 0	Todos, Menos Guapi, e Isla Gorgona.	4,17
	Zona 1	Guapi, e Isla Gorgona.	4,00

Fuente: elaboración propia.

Este parámetro por si solo se hace difícil de determinar, teniendo en cuenta que los valores del cuadro 9 apenas cubren una variable de las que se necesitan para calcular el efecto de la radiación solar sobre una persona, tal como lo muestra la siguiente ecuación (Ochoa, 1999, pág. 30):

$$Rabs = Kabs + Labs \quad (5)$$

Dónde:

Rabs= Total de radiación recibida por una persona en cualquier ambiente.

Kabs= Total de radiación solar absorbida.

Labs= Total de radiación terrestre absorbida (valores del Cuadro 9).

Ahora para determinar Kabs, se necesita entre otras cosas: radiación solar difusa por vegetación y otros objetos en el espacio, y Albedo de la persona, cuyo valor cambia con el color de piel, y más específicamente con el tipo de vestimenta. Entonces determinar la Radiación solar recibida por una persona para todo el departamento del cauca, requeriría de zonas muy específicas, de las características personales y de vestimenta de la población, lo cual además de ser muy dispendioso se escapa a los objetivos de

este trabajo, ya que los resultados por si solos serian poco relevantes, al no haber un índice de confort, que clasifique puntualmente, las zonas o áreas de confort al respecto para exteriores.

Por lo anterior solo se hará mención a este parámetro como la fuente de energía más importante para nuestro planeta, además que todas las variables climáticas dependen directa o indirectamente de la radiación solar. En cuanto a confortabilidad, la sucesión de las estaciones del año y la variación en la duración del día o insolación, trae consigo cambios en la incidencia de la energía solar en un lugar determinado y en consecuencia modificaciones en los elementos del clima, por ejemplo, aumento o disminución de la temperatura, de nubosidad, humedad atmosférica y del viento, los cuales provocan alteraciones en el grado de comodidad o incomodidad en las personas (Fernández, 1996, pág. 63).

9. TEMPERATURA EFECTIVA Y SENSACION TERMICA EN EL CAUCA

INDICE DE TEMPERATURA EFECTIVA

El índice de confort térmico está determinado por las condiciones bioclimáticas particulares de un territorio, por consiguiente se procedió a calcular el índice de temperatura efectiva mediante la ecuación de Missenard (5) (TORNERO et al, 2006). Para el cálculo de la temperatura efectiva ET, se tuvo en cuenta los valores de temperatura media y humedad relativa media de las 18 estaciones activas del departamento del cauca para el periodo homogenizado 1997-2016.

$$ET = T - 0.4 (T - 10) \left(1 - \frac{HR}{100}\right) \quad (5)$$

Donde:

ET: es la temperatura efectiva

T: es la temperatura del aire en grados Celsius

HR: la humedad relativa en porcentaje.

Cuadro 10. Temperatura Efectiva Según ecuación Missenard

ESTACION	VALORES PROM ANUAL 1997-2016		TEMPERATURA EFECTIVA
	T°C	HR%	TE EN ° C
BOLIVAR	22	75	21
LOS MILAGROS	17	81	16
VENTA CAJIBIO	18	82	25
APTO GUAPI	26	88	26
GORGONA	26	89	26
LA SIERRA	18	82	25
UNIV NARIÑO	27	72	25
MERCADERES	23	77	22
ING CAUCA	24	80	22
MIRANDA	24	84	23
LA FONDA	26	78	24
APTO GL VALENCIA	19	77	19
ING BENGALA	24	79	23
SANTA LETICIA	16	81	15
VALENCIA	11	85	11
LOMITAS	24	76	23
PAIS PAMBA	14	82	14
GABRIEL LOPEZ	11	75	11

Fuente: Elaboración propia

9.1. ENTORNO ECONOMICO DEL DEPARTAMENTO DEL CAUCA

El departamento del cauca es un territorio que tiene según proyecciones del DANE para el año 2017 una población de 1404313 habitantes de los cuales el 79% se encontraba en edad laboral (mayores de 14 años) y solo 56.4% de ellos se encontraban económicamente activos; además por rama de actividad económica, el 46.1% se dedicaba a la agricultura y en segundo lugar se encuentra el comercio con 17% de personas ocupadas en dicha labor.

No obstante, a pesar de que la actividad agropecuaria ocupa a casi la mitad de la población económicamente activa solo representa el 8.5%(cultivo de café 3.6%, cultivo de otros productos agrícolas 2.8%, Producción pecuaria y caza incluyendo las actividades veterinarias 2.1%, Silvicultura, extracción de madera y actividades conexas 0.9%, Pesca, producción de peces en criaderos y granjas piscícolas; actividades de servicios relacionadas con la pesca 0.1%) del PIB caucano para el año 2014 según informe de coyuntura económica regional (ICER,2015).

De igual manera se debe destacar que la economía del territorio caucano no está ligada solo a la actividad económica en su capital, si no que existen otros centros urbanos importantes como son Santander de Quilichao y Puerto tejada en la provincia norte apoyados en una estrecha relación con la zona metropolitana de Santiago de Cali, además de la ley Páez que da ventajas fiscales a las empresas que se poseen en dichos territorios, en la provincia sur destacan El Bordo y Bolívar (Plan de Empleo del Cauca,2013).

A su vez la zona de estudio se divide en un total de cinco provincias las cuales tienen un rol meramente representativo; de igual manera sabiendo que el cauca comprende un

área relativamente extensa se procederá hacer un análisis provincial del comportamiento de los diferentes índices de confort, iniciando con el índice de temperatura efectiva según Missenard.



A continuación se presentan los cuadros que muestra en que municipio se ubica cada estación y a qué provincia pertenece además se muestra una clasificación por colores que va de la gama del azul intenso hasta el naranja intenso.

 Muy frío





 Ligeramente fresco

 Neutral



Cuadro 11. Estaciones ubicadas en municipios de la provincia sur

	MUNICIPIO	ESTACION	CODIGO	TEMPERATURA ET
PROVINCIA SUR	MERCADERES	UNIV NARIÑO	52025060	
		MERCADERES	52025030	
	BOLIVAR	BOLIVAR	52025010	
		LOS MILAGROS	52025020	
	SAN SEBASTIAN	VALENCIA	44015030	
	PATIA	LA FONDA	52015020	





Cuadro 12. Estaciones ubicadas en municipios de provincia centro

	MUNICIPIO	ESTACION	CODIGO	TEMPERATURA ET
PROVINCIA CENTRO	SOTARA	PAIS PAMBA	52015010	
	LA SIERRA	LA SIERRA	52025050	
	CAJIBIO	VENTA CAJIBIO	26025090	
	POPAYAN	APTO GL VALENCIA	26035030	

Cuadro 13. Estaciones ubicadas en municipios de la provincia oriente

	MUNICIPIO	ESTACION	CODIGO	TEMPERATURA ET
PROVINCIA ORIENTE	PERACE	SANTA LETICIA	21055030	
	TOTORO	GABRIEL LOPEZ	26025070	

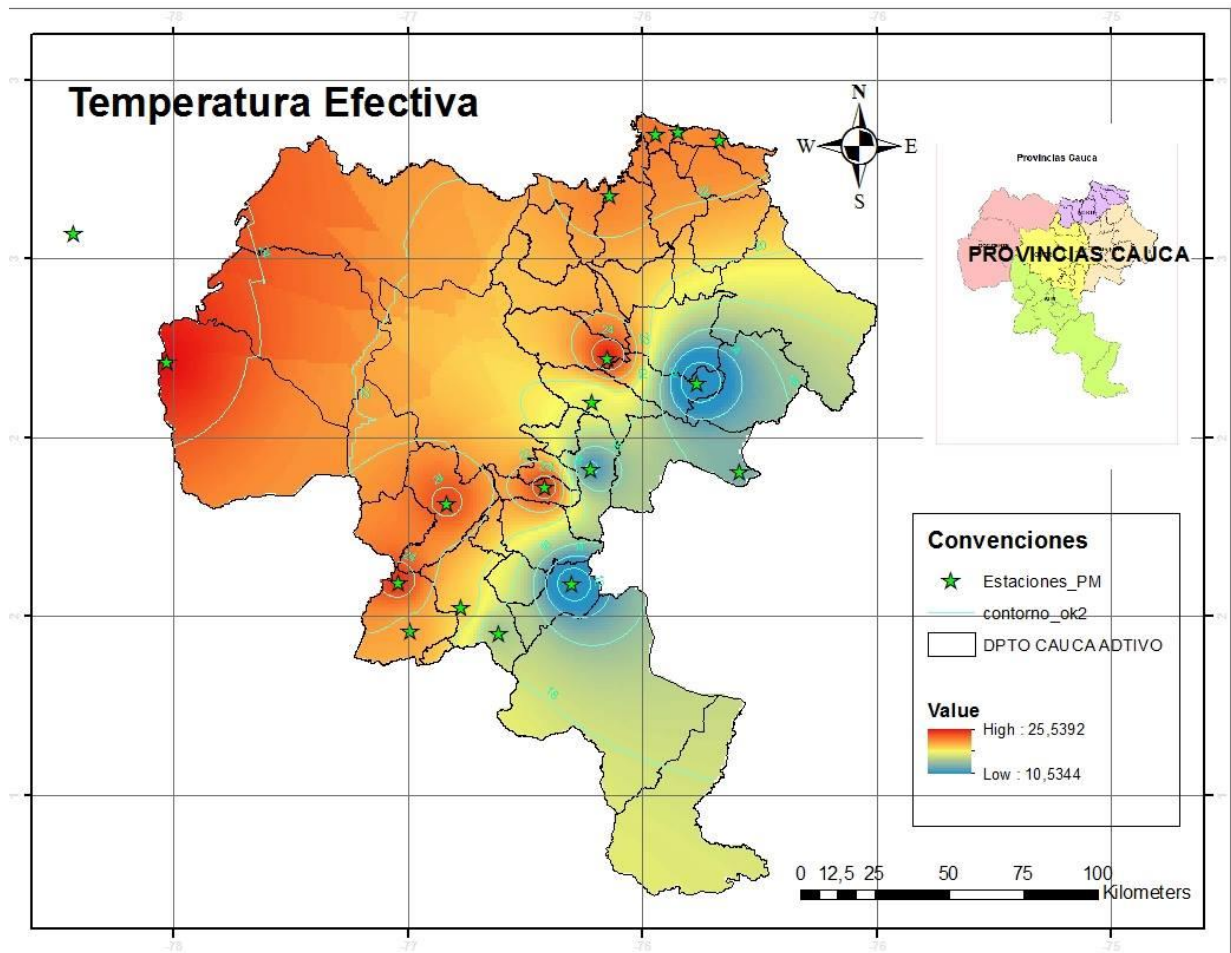
Cuadro 14. Estaciones ubicadas en municipios de la provincia norte

	MUNICIPIO	ESTACION	CODIGO	TEMPERATURA ET
PROVINCIA NORTE	SANTANDER QUILCHAO	LOMITAS	26025110	
	PUERTO TEJADA	ING BENGALA	26045010	
	MIRANDA	MIRANDA	26065020	
		ING CAUCA	26065010	

Cuadro 15. Estaciones ubicadas en municipios de la provincia occidente

	MUNICIPIO	ESTACION	CODIGO	TEMPERATURA ET
PROVINCIA OCCIDENTE	GUAPI	APTO GUAPI	53045030	
		GORGONA	57025010	

Figura 7. Temperatura efectiva departamento del cauca



Fuente: Elaboración propia.

9.2. SENSACION TERMICA DEPARTAMENTO DEL CAUCA

Posteriormente calculados los valores de temperatura efectiva para cada una de las estaciones meteorológicas en el periodo 1997-2016, se procede a contrastar dicha tabla con los rangos establecidos en el Manual de climatología aplicada (FERNANDEZ, 1996).

Cuadro 16. Temperatura efectiva y Sensaciones Térmicas

Temperatura Efectiva (°C)	Sensación		Respuesta física
	Térmica	Confort	
40	Muy caliente	Muy incómodo	Problema de regulación
35	Caliente		Aumento de tensión por sudoración y aumento de flujo sanguíneo
30	Templado		Regulación normal por sudoración y cambio vascular
25	Neutral	Cómodo	Regulación vascular
20	Ligeramente fresco	Ligeramente incómodo	Aumento de pérdidas de calor seco
15	Frío	Incómodo	Concentración de vasos en manos y pies
10	Muy frío		Estremecimiento

Fuente: Manual de Climatología Aplicada

Cuadro 17. Temperatura efectiva y Sensaciones Térmicas en el Cauca

ESTACION	TEMPERATURA EFECTIVA	SENSACION		RESPUESTA FISICA
	TE EN °C	TERMICA	CONFORT	
BOLIVAR	21	LIGERAMENTE FRESCO	LIGERAMENTE INCOMODO	AUMENTO DE PERDIDAS DE CALOR SECO
LOS MILAGROS	16	LIGERAMENTE FRESCO	LIGERAMENTE INCOMODO	AUMENTO DE PERDIDAS DE CALOR SECO
VENTA CAJIBIO	25	NEUTRAL	COMODO	REGULACION VASCULAR
APTO GUAPI	26	NEUTRAL	COMODO	REGULACION VASCULAR
GORGONA	26	NEUTRAL	COMODO	REGULACION VASCULAR
LA SIERRA	25	NEUTRAL	COMODO	REGULACION VASCULAR
UNIV NARIÑO	25	NEUTRAL	COMODO	REGULACION VASCULAR
MERCADERES	22	LIGERAMENTE FRESCO	LIGERAMENTE INCOMODO	AUMENTO DE PERDIDAS DE CALOR SECO
ING CAUCA	22	LIGERAMENTE FRESCO	LIGERAMENTE INCOMODO	AUMENTO DE PERDIDAS DE CALOR SECO
MIRANDA	23	LIGERAMENTE FRESCO	LIGERAMENTE INCOMODO	AUMENTO DE PERDIDAS DE CALOR SECO
LA FONDA	24	NEUTRAL	COMODO	REGULACION VASCULAR
APTO GL VALENCIA	19	LIGERAMENTE FRESCO	LIGERAMENTE INCOMODO	AUMENTO DE PERDIDAS DE CALOR SECO
ING BENGALA	23	LIGERAMENTE FRESCO	LIGERAMENTE INCOMODO	AUMENTO DE PERDIDAS DE CALOR SECO
SANTA LETICIA	15	FRIO	INCOMODO	CONCENTRACION DE VASOS EN MANOS Y PIES
VALENCIA	11	MUY FRIO		ESTREMECIMIENTO
LOMITAS	23	LIGERAMENTE FRESCO	LIGERAMENTE INCOMODO	AUMENTO DE PERDIDAS DE CALOR SECO
PAIS PAMBA	14	FRIO	INCOMODO	CONCENTRACION DE VASOS EN MANOS Y PIES
GABRIEL LOPEZ	11	MUY FRIO		ESTREMECIMIENTO

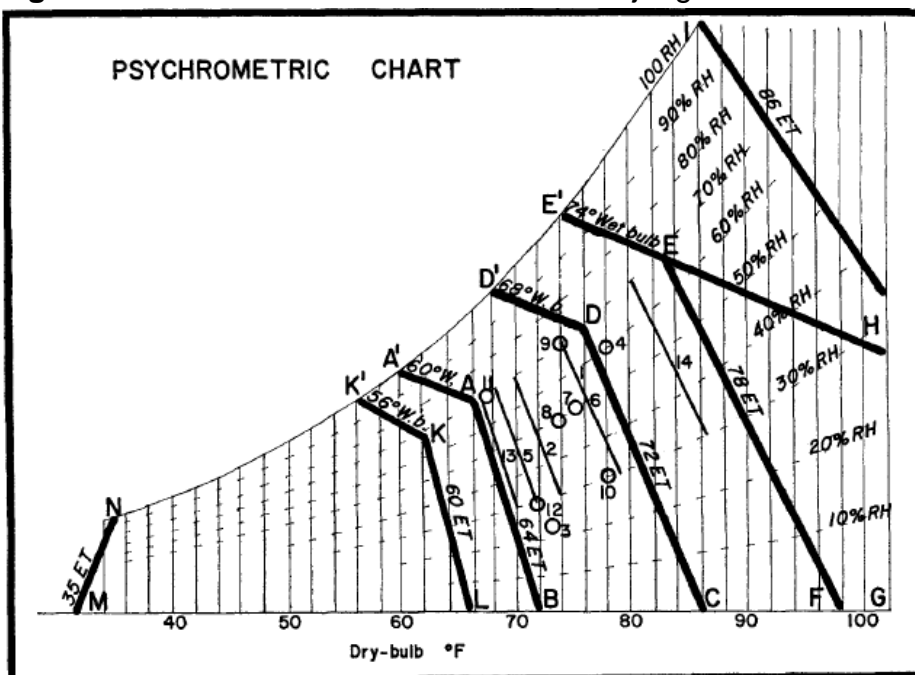
Fuente: Elaboración propia

10. INDICE DE CONFORT CLIMATICO DE TERJUNG

Este es un índice grafico que se basa en la combinación de la temperatura del aire en °C, con la humedad relativa medida en porcentaje (%) para definir áreas de confort. Las temperaturas están representadas en el eje de las abscisas, y las humedades relativas en el eje de las ordenadas. Esto quiere decir, que toda situación de temperatura y humedad relativa a lo largo del año, está simbolizada por un punto situado dentro de una de las llamadas áreas de confort.

Terjung (1966) en Durand (1972), señala que dichas áreas de confort contenidas en la figura 6 están definidas por los siguientes parámetros:

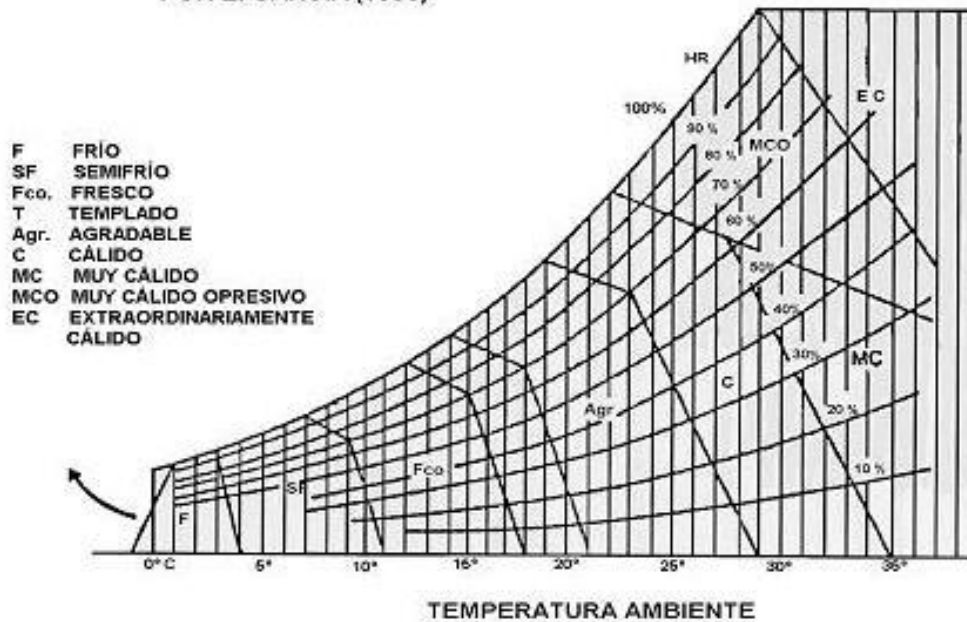
Figura 8. Áreas del Confort Climático de Terjung



Fuente: (terjung, 1966)

Figura 9. Áreas del Confort Climático de Terjung adaptado

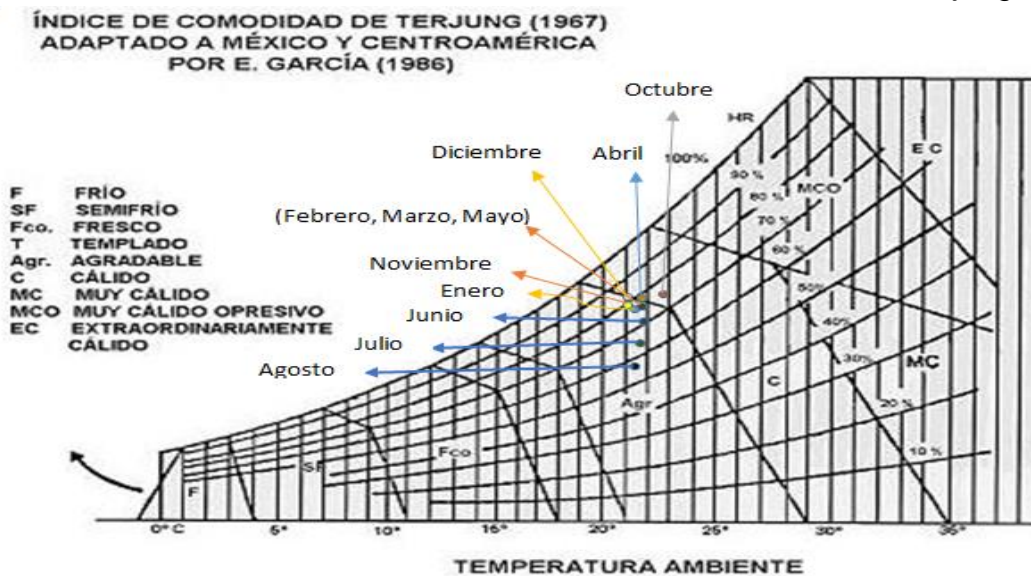
ÍNDICE DE COMODIDAD DE TERJUNG (1967)
 ADAPTADO A MÉXICO Y CENTROAMÉRICA
 POR E. GARCÍA (1986)



Fuente: Manual de climatología aplicada

Se tomaron los valores mensuales de las 18 estaciones, de Temperatura Media y Humedad Relativa y posteriormente se ubicaron dentro del gráfico con el propósito de obtener un valor anual y un rango en el grafico por cada estación tomando como ejemplo la estación bolívar, tal como se muestra a continuación:

Figura 10. Resultado clasificación mensual estación Bolívar índice Terjung



Fuente: Elaboración Propia

Para la estación de Bolívar con un valor de Humedad Relativa de 79% y Temperatura de 21.4°C el índice terjung clasificaría el mes de enero como Agradable (Agr) de esta forma se clasifico cada mes dando como resultado agradable como valor promedio anual.

Cuadro 18. Resultado clasificación mensual periodo 1997-2016 índice de Terjung estación Bolívar

MES	HR %	T °C	CLASIFICACION
ENERO	79	21	Agradable
FEBRERO	79	22	Agradable
MARZO	79	22	Agradable
ABRIL	80	22	Cálido
MAYO	79	22	Agradable
JUNIO	72	22	Agradable
JULIO	65	22	Agradable
AGOSTO	59	21	Agradable
SEPTIEMBRE	67	23	Agradable
OCTUBRE	75	22	Cálido
NOVIEMBRE	83	21	Cálido
DICIEMBRE	81	21	Agradable
V ANUAL (Promedio)	75	22	Agradable

Fuente: Elaboración Propia

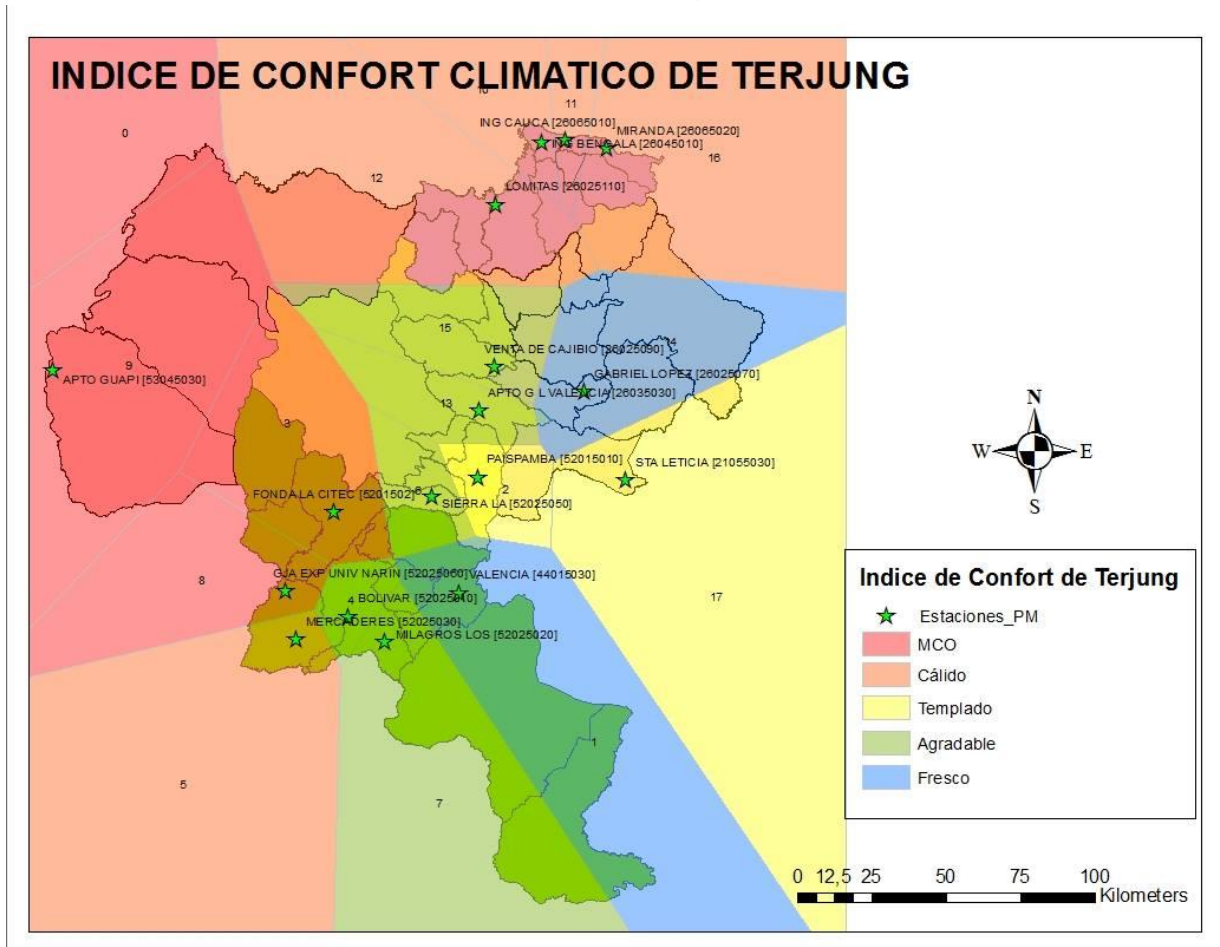
En la siguiente tabla se mostrara los valores anuales, de temperatura y humedad relativa, al igual que el rango en el cual se encuentra cada estación en el índice de terjung.

Cuadro 19. Resultado clasificación anual periodo 1997-2016 para las estaciones del Cauca

ESTACION	H RELATIVA %	TEMPERATURA	CLASIFICACION
Apto Valencia	75	21.8	Agradable
Los Milagros	81	16.6	Agradable
Venta Cajibío	82	18,0	Agradable
Apto Guapi	88	26.1	MCO
Gorgona	89	26.2	MCO
La Sierra	82	18,0	Agradable
Univ. Nariño	72	26,8	MCO
Mercaderes	77	23,0	Cálido
Ing Cauca	80	23,6	Cálido
Miranda	84	23,7	Cálido
La Fonda	78	25,8	MCO
APTO Valencia	77	19,5	Agradable
Ing Bengala	79	24,4	Cálido
Sta Leticia	81	15,7	Templado
Valencia	84	10,8	Fresco
Lomitas	76	24	Cálido
Paispamba	82	14	Templado
Gabriel López	75	11	Fresco

Fuente: Elaboración Propia

Figura 11. Distribucion espacial índice de Terjung departamento del Cauca



Fuente: Elaboración propia.

11. INDICE DE ENFRIAMIENTO EOLICO (WIND CHILL)

Este índice es el resultado de pruebas realizadas en el año de 1945 por los científicos Siple y Passel donde se determinó el enfriamiento producido por el viento a diferentes velocidades en un cilindro de plástico lleno de agua, posteriormente en el año de 1948 Court modificó la fórmula, y es la que se conoce actualmente.

$$w = (10.9\sqrt{v} + 9 - v)(33 - t) \quad (6)$$

Dónde:

W: poder refrigerante del viento en Kcal.m².h

v: velocidad del viento en m/s

t: temperatura en °C

Cuadro 20. Poder refrigerante del viento y sensaciones de confort de Siple y Passel

w	NOTACION	CONFORTABILIDAD
0 - 149	-2	Hipotónico
150-299	-1	Hipotónico
300-599	0	Confortable
600-899	1	Hipertonico
900-1999	2	Hipertonico

Fuente: Manual de Climatología Aplicada

La confortabilidad hipotónica, cuyos valores se encuentran por debajo de 300, indica sensación cálida, el bienestar se logra mediante la transferencia de calor para evitar que el cuerpo suba su temperatura interna por encima de los 37 °C.

A los comprendidos entre 300 y 599 se les considera como relajantes, la sensación de frío es nula; el organismo no necesita luchar contra el frío ni contra el calor.

En condiciones hipertónicas, con valores superiores a 600 se genera un proceso de enfriamiento, de tal modo que el individuo debe empezar a defenderse del frío y requiere suministro de calor para evitar que su temperatura corporal descienda por debajo de 37 °C.

Cuadro 21. Clasificación anual para el periodo 1997-2016 estaciones del Cauca

ESTACION	T°C MEDIA	Vv m/s MEDIA	INDICE WIND CHILL	NOTACION	CLASIFICACION
BOLIVAR	22	1	211	-2	HIPOTONICO
LOS MILAGROS	17	2	385	0	CONFORTABLE
VENTA CAJIBIO	18	1	275	-2	HIPOTONICO
APTO GUAPI	26	1.2	136	-2	HIPOTONICO
GORGONA	26	1.4	138	-1	HIPOTONICO
LA SIERRA	18	1	275	-2	HIPOTONICO
UNIV NARIÑO	27	2.3	144	-1	HIPOTONICO
MERCADERES	23	1	189	-2	HIPOTONICO
ING CAUCA	24	1	170	-2	HIPOTONICO
MIRANDA	24	1	170	-2	HIPOTONICO
LA FONDA	26	2.4	164	-2	HIPOTONICO
APTO GL VALENCIA	19	1	255	-2	HIPOTONICO
ING BENGALA	24	1	163	-2	HIPOTONICO
SANTA LETICIA	16	2.4	406	0	CONFORTABLE
VALENCIA	11	2.5	522	0	CONFORTABLE
LOMITAS	24	1	169	-2	HIPOTONICO
PAIS PAMBA	14	2.4	446	0	CONFORTABLE
GABRIEL LOPEZ	11	2.5	532	0	CONFORTABLE

Fuente: Elaboración propia.

12. ANALISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos permiten analizar de una manera mucho más precisa el confort térmico en el departamento del Cauca y su relación con las actividades económicas en general.

12.1. ANALISIS INDICES DE CONFORT

12.1.1. Temperatura efectiva y sensación térmica

La ET (temperatura efectiva) calculada con los datos de las diferentes estaciones climatológicas activas repartidas dentro del territorio caucano, dio como resultado una ET departamental de 21°C que corresponde a la clasificación de ligeramente fresco, del mismo modo también como se reporta en la Tabla 4 la temperatura efectiva más alta es de 26°C que se presenta en la zona de influencia de las estaciones apto Guapi y Gorgona por el contrario la más baja es de 11°C en la zona de influencia de las estaciones Valencia y Gabriel López.

Ahora bien el Cauca presenta una división marcada por sus condiciones orográficas tal y como lo muestra la figura 5 donde el denominado macizo colombiano parte en dos el departamento dando a las provincias sur y oriente temperaturas efectivas relativamente bajas clasificándolas como ligeramente frescas, incómodas o muy frías; en el caso de la provincia oriente se debe destacar que en esa región abunda un tipo de vegetación que favorece la retención de agua, dando origen a formaciones de cuerpos de agua que pueden aumentar la humedad relativa en dicha provincia generando un regulador térmico natural capaz de enfriar el ambiente en la noche y templándolo en el día. (SIMANCAS,2003)

La provincia sur presenta una clasificación menos homogénea debido a que la zona meridional de la provincia está influenciada por las condiciones orográficas del macizo, sumado a su proximidad con la región amazónica mientras que el norte de la provincia presenta condiciones de temperatura efectiva mucho cercanas a la neutralidad, esta parte de la provincia prevalecen las condiciones de humedad y temperatura que se generan alrededor de la zona de influencia de la cuenca del río Patía.

En la figura 5 también se puede observar que a partir de la isoterma 20°C, la temperatura efectiva hacia las provincias centro, norte y occidente comienzan a aumentar dando así características más cercanas al punto de neutralidad o comodidad; las provincias norte por su parte es una región plana, que se encuentra a pocos metros sobre el nivel del mar además de estar dentro de zona de influencia del valle del río Cauca y en el caso de la provincia occidente esta presenta condiciones de alta temperatura y humedad relativa, en primera instancia su alta temperatura se debe a su cercanía al océano Pacífico como también influye que dicha provincia se encuentra dentro del denominado Chocó biogeográfico, cuya pluviosidad es de las más altas del mundo.

La sensación térmica del departamento tal como se muestra en el cuadro 15 el 33.3% de las estaciones clasifica como neutral o cómodo, el 44.4% de estas clasifican como ligeramente incómodo y el 22.3% restante clasifica como incómodo o muy frío.

Si bien el cálculo de la temperatura efectiva permite el análisis de áreas extensas, la clasificación de bioclimas en zonas ecuatoriales sumado a su facilidad de manejo y simplicidad en requisitos de datos para calcular la ET; aún sigue siendo un método empírico que presenta fallas cuando el valor de temperatura efectiva esta entre 25°C - 26°C (donde inicia el rango de incomodidad para personas acostumbrados a ambientes calurosos) y la humedad relativa están por encima de 70%, esto se debe a que el método presenta una insensibilidad a la humedad relativa en condiciones cálidas. (MCGREGOR,1995)

La falla expresada anteriormente se presenta en 3 de las estaciones clasificadas como neutrales o cómodas, que son Apto Guapi, Gorgona, Univ. Nariño donde la temperatura efectiva esta en un rango de 25°C-26°C y su humedad relativa es superior al 70%, además dichos resultados contradicen los criterios de clasificación de Lansberg porque si se supone que bajo condiciones de neutralidad la respuesta física es regulación bascular donde el equilibrio térmico se logra mediante sudoración, una elevada humedad limitaría la evaporación acorde con la ecuación (1).

$$(M - S) + (R + C) > E \quad (6)$$

Pero bajo condiciones de humedad relativa muy alta la evaporación E se vería limitada por una barrera natural a la sudoración.(VOGT,1998)

A continuación se presentan los cuadros donde se muestra el área correspondiente a la zona de influencia de cada estación meteorológica dentro de la provincia y se denota con color rojo el área que no se puede clasificar mediante el uso de la formula (5):

Cuadro 22. Estaciones y su área de influencia en la provincia sur

	MUNICIPIO	ESTACION	CODIGO	AREA DE INFLUENCIA Km2	AREA EN %
PROVINCIA SUR	MERCADERES	UNIV NARIÑO	52025060	3789	10.7
		MERCADERES	52025030	12493	35.4
	BOLIVAR	BOLIVAR	52025010	585	1.7
		LOS MILAGROS	52025020	6850	19.4
	SAN SEBASTIAN	VALENCIA	44015030	7768	22.0
	PATIA	LA FONDA	52015020	3766	10.7

Cuadro 23.Estaciones y su área de influencia en la provincia centro

	MUNICIPIO	ESTACION	CODIGO	AREA DE INFLUENCIA Km2	AREA EN %
PROVINCIA CENTRO	SOTARA	PAIS PAMBA	52015010	1029	18.1
	LA SIERRA	LA SIERRA	52025050	1038	18.2
	CAJIBIO	VENTA CAJIBIO	26025090	2317	40.7
	POPAYAN	APTO GL VALENCIA	26035030	1315	23.1

Cuadro 24.Estaciones y su área de influencia en la provincia oriente

PROVINCIA ORIENTE	MUNICIPIO	ESTACION	CODIGO	AREA DE INFLUENCIA Km2	AREA EN %
	PERACE	SANTA LETICIA	21055030	12290	76.4
	TOTORO	GABRIEL LOPEZ	26025070	3795	23.6

Cuadro 25.Estaciones y su área de influencia en la provincia occidente

PROVINCIA OCCIDENTE	MUNICIPIO	ESTACION	CODIGO	AREA DE INFLUENCIA Km2	AREA EN %
	GUAPI	APTO GUAPI	53045030	10467	61.3
		GORGONA	57025010	6612	38.7

Cuadro 26.Estaciones y su área de influencia en la provincia norte

PROVINCIA NORTE	MUNICIPIO	ESTACION	CODIGO	AREA DE INFLUENCIA Km2	AREA EN %
	SANTANDER QUILICHAO	LOMITAS	26025110	7164	42.2
	PUERTO TEJADA	ING BENGALA	26045010	747	4.4
	MIRANDA	MIRANDA	26065020	7080	41.7
		ING CAUCA	26065010	1989	11.7

Fuente del cuadro 22 al 26: elaboración propia.

El cuadro 20 muestra que la estación Univ. Nariño solo representa el 10.7% de la región analizada en la provincia sur por lo que se puede decir que su influencia no es concluyente, en el caso de la provincia occidente en el cuadro 25 donde las estaciones Apto Guapi y Gorgona suman el 100% del área analizada no se puede clasificar dicha zona por medio de la fórmula (5).

12.1.2. Índice de Terjung

Terjung utiliza Criterios Psicológicos para la zona central de su nomograma, es decir se tiene en cuenta la opinión de una población experimental, bajo los estudios del laboratorio ASHRAE y colaboradores, por eso para algunas áreas aparecerá que porcentaje de estas personas se sentían cómodas. También tiene en cuenta Criterios Fisiológicos pero estos con mayor influencia en las zonas límites de su nomograma. (Terjung, 1966).

Para interpretar de manera acertada el índice de Terjung, Antonio González Salazar en su trabajo titulado, La confortabilidad climática en los parques Las Peñas-Los Ocotillos y sus efectos en el bienestar humano, desarrollado en el 2005, modifica el nomograma original de Terjung de grados Fahrenheit a Celsius, además agrega el área de fresco, y le da el nombre de templado a la siguiente área, según la adaptación climática que hace Enrique García, en su trabajo titulado, modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, en el año 1986, esto lo hace para México y Centroamérica tal como se muestra en el figura 9, con el ánimo de obtener datos relevantes a zonas tropicales. Para propósitos prácticos a este trabajo se opta por esta clasificación ya que esta es más cercana a la realidad Climática de Colombia y puntualmente a la realidad del Departamento del Cauca.

Aún queda por solucionar ¿qué valores representan las líneas límites en cada una de las áreas en el gráfico 9? (Por ejemplo para el área agradable), y es que en el figura 8, se les da valores a estos límites en grados Fahrenheit, siendo que por debajo del 70% de humedad Relativa, toman valores de Temperatura efectiva sobre bulbo seco; y por encima de este porcentaje de humedad, se cambia la Temperatura Efectiva a valores menores de bulbo húmedo, ya que humedades tan altas generan mayor incomodidad. Como estos datos determinantes faltan, para la figura 9, se hará un símil con la figura 8, mostrando los valores tentativos en grados Celsius tras utilizar la ecuación de Misenard para Temperatura Efectiva (ET) con el factor de conversión de Fahrenheit a Celsius .

Las zonas aledañas a las estaciones Bolívar, Los Milagros, Venta de Cajibío, La sierra, y APTO Valencia, se clasifican dentro del área agradable, En el nomograma de Terjung, La línea límite inferior de esta clasificación corresponde al valor de 64°ET en °F (Alrededor de 22° ET en °C) de bulbo seco, se establece esta línea por que más de noventa y tres por ciento de los sujetos experimentales consideraban estas condiciones, como cómodas en temporada de invierno, sin que su opinión variara mucho en temporada de verano donde se consideraban menos tranquilas. Esta línea también establece un valor de 60°ET en °F (Alrededor de 17° ET en °C) de bulbo húmedo. La Línea límite superior corresponde al valor de 72°ET en ° F (Alrededor de 27° ET en °C) de bulbo seco, se basó en el hecho de que más del noventa por ciento (opinión de verano) de esas personas consideraban que este margen sigue siendo cómodo. Esta línea también establece un valor de 68°ET en ° F (Alrededor de 25° ET en °C) de Bulbo húmedo. Como la humedad relativa es mayor al 70% para cada una de las estaciones, se espera comodidad en el intervalo de (17 - 25) ° ET en °C de bulbo húmedo. Situación que puede diferir un poco de la sensación de confort Para Temperatura Efectiva, Pues el valor Optimo en que se considera cómodo para este índice es 25°ET en ° C, y no menos, podemos notar que la zona alrededor de las estaciones Venta de Cajibío y la Sierra, ofrecen justo el valor, del límite superior del anterior intervalo, haciendo estas zonas cómodas o agradables, en ambos índices de confort, sin embargo las estaciones de Bolívar, Los Milagros y APTO Valencia y las zonas que cubren, están más cercas del límite inferior del anterior intervalo, situación que hace poco concluyente la sensación de confort que pueda ofrecer la Temperatura Efectiva, y es que esta no ofrece datos confiables por fuera del intervalo de (30-70)% de Humedad Relativa ya que no se experimentó sobre estas condiciones, y por lo general los resultados son inexactos. (Terjung, 1966, pág. 152). En concordancia con los criterios fisiológicos, podríamos relacionar esta área con el punto Neutral caracterizado por una regulación Bascular. Las zonas aledañas a las estaciones Santa Leticia, y Paispamba comparten la clasificación de Templado, Para Valores Promedio anuales, La línea límite inferior en esta área del nomograma corresponde al valor de 60°ET en °F (Alrededor de 17° ET en °C) de bulbo seco, con un valor de 56°ET en °F (Alrededor de 15°ET en °C) de bulbo

húmedo. La Línea límite superior corresponde al valor de 64°ET en ° F (Alrededor de 22° ET en °C) de bulbo seco, con un valor de 60°ET en °F (Alrededor de 17°ET en °C) de bulbo húmedo. Esta área denominada templada, se incluye dentro del grupo de climas C (templados lluviosos, con temperatura media del mes más frío entre -3 y 18°C y la del mes más cálido mayor a 10°C) su localización se da en las zonas montañosas o llanuras con altitud por encima de 1000 m.s.n.m en lugares donde la temperatura media de un mes, por lo menos desciende por debajo de 18°C siendo más importante la altitud que la longitud por ser zona tropical. (GARCIA, 1981, pág. 42) Como la humedad relativa también supera el 70% entonces los valores de las zonas que pertenecen a esta área se encuentran en el intervalo aproximado de (15-17) °ET en °C de bulbo húmedo, situación que difiere del valor óptimo, de la sensación de confort para la Temperatura efectiva siendo este 20°ET en ° C, de nuevo se debe a que en Humedades Relativas mayores al 70% la Temperatura Efectiva no es concluyente. (TERJUNG, 1966, pág. 153) Relacionándolo con los criterios Fisiológicos, en esta área, podría empezar la Zona de Regulación Vaso-Motor contra el frío, por aumento de pérdida de calor seco.

Las estaciones de Valencia y Gabriel López y sus zonas aledañas comparten la clasificación de fresco, también se incluye dentro del grupo de climas C, pero con la particularidad de que esta área presenta temperaturas más bajas que el clima templado. (GARCIA, 1981, pág. 42) La línea límite inferior de esta clasificación según el gráfico N, corresponde al valor de 47°ET en °F (Alrededor de 11°ET en °C) de bulbo seco, con un valor de 43°ET en ° F(Alrededor de 8° ET en °C) de bulbo húmedo, la Línea límite superior corresponde al valor de 60°ET en ° F(Alrededor de 18°ET en °C) de bulbo seco, con un valor de 56°ET en ° F(Alrededor de 16° ET en °C) de bulbo húmedo, Como ambas estaciones Registran valores promedios anuales de Humedad Relativa, mayores al 70% entonces deben encontrarse en un intervalo aproximado de (8, 16)° ET en °C. A pesar de que se argumenta poco estudio, para las zonas frías del nomograma de Terjung, se explica que a temperaturas del aire alrededor de 8° C, la sensación térmica de frío se hace más incómoda a medida que aumenta la humedad relativa, situación que se experimentaría sin ser exagerada, en las zonas aledañas a estas estaciones (ambas estaciones oscilan en 11°C de Temperatura del aire Promedio anual). De nuevo la Clasificación de Temperatura Efectiva, no es concluyente porque la Humedad Relativa, está por encima de 70%. (Terjung, 1966, pág. 153) Aquí se acentúa la Zona de Regulación Vaso-Motor contra el frío, por aumento de pérdida de calor seco.

Las zonas cercanas a las estaciones de Mercaderes, Ingenio Cauca, Ingenio Bengala, Miranda, y Lomitas comparten la Clasificación de Cálido, por encima de la línea límite inferior corresponde al valor de 72°ET en °F (alrededor de 26 ° ET en ° C) de bulbo seco, con un valor de 68°ET en ° F (Alrededor de 23°ET en °C) de bulbo húmedo. La línea límite superior corresponde a un valor de 78° ET en °F (alrededor de 30°ET en ° C) de

bulbo seco, y se estableció porque menos del diez por ciento de la población experimental (opinión de verano) aun consideraba esas condiciones cómodas. Esta línea tiene un valor de 74°ET en ° F (Alrededor de 27°ET en °C) de bulbo húmedo, como la humedad relativa de cada estación supera el 70%, se espera que las zonas aledañas clasificadas como cálidas estén en un intervalo aproximado de (23- 27) °ET de ° C, siendo estos valores calculados, muy cercanos al valor menor del intervalo, de nuevo la sensación térmica para temperatura efectiva no es concluyente por los valores tan elevados de humedad relativa. (Terjung, 1966, pág. 152) Relacionado con los Criterios Fisiológicos esta área corresponde a la Zona de Regulación Baso- Motor contra el calor caracterizado por la dilatación de los vasos sanguíneos y el aumento del flujo sanguíneo.

Finalmente las zonas aledañas de las estaciones de APTO Guapi, Gorgona, UNIV Nariño, y la Fonda, comparten la clasificación de Muy Cálido Opresivo (MCO), La línea límite inferior corresponde a un valor de 78°ET en °F (alrededor de 30°ET en ° C) de bulbo seco, con un valor de 74°ET en ° F (Alrededor de 27°ET en °C) de bulbo húmedo, esta última parte de la línea separa 2 áreas, siendo una (MCO) y la otra Muy Cálido(MC), cuya diferencia radica en los valores de Humedad Relativa, ya que al aumentar estos también se hace más incómoda la percepción del calor, como es el caso de las zonas cercanas a cada una de las estaciones cuya Humedad Relativa está por encima del 70% y por eso la clasificación de (MCO) haciendo de nuevo inconcluyente la sensación de confort que ofrece la Temperatura Efectiva. La línea límite Superior corresponde a un valor de 86°ET en °F (alrededor de 36 °ET en ° C) de bulbo seco, línea generalmente asociada con el límite de la salud humana y virtualmente con el límite para el trabajo manual al aire libre durante varias horas. Más allá de este punto insolación o golpe de calor se convierte en una peligrosa posibilidad. (Terjung, 1966, pág. 152) Relacionado con los criterios fisiológicos para el área (MCO) pudiera asociarse con la zona de regulación Evaporación contra el calor, caracterizada por aumento de la actividad de las glándulas sudoríparas, sin embargo al tener Humedades Relativas tan altas, esta actividad se ve impedida en gran medida, lo que hace a esta Área, bastante incómoda.

12.1.3. Índice Wind Chill

Por ultimo tenemos el índice de enfriamiento eólico o wind chill que clasifica el 38.9% de las estaciones como confortable y el 61.9% de las estaciones como hipotónico.

El sudor se considera hipotónico (bajo contenido sal respecto al suero sanguíneo) por lo que una sudoración excesiva puede causar perdida de cloruro sódico, además el trabajo en ambientes calurosos acelera el metabolismo de los individuos dando pie a un mayor consumo de oligoelementos como son el magnesio y zinc, por ello es esencial que los individuos de las zonas hipotónicas tengan una dieta balanceada rica en minerales y oligoelementos.

En ese orden de ideas el Cauca es un departamento que se puede clasificar como hipotónico en otras palabras es un territorio de sensación cálida donde el equilibrio térmico se logra mediante regulación bascular o sudoración además se debe destacar el hecho que el índice wind chill se formuló para medir o calcular las condiciones de confort durante la temporada de invierno en los países cercanos a los polos, es así como las estaciones que reportan bajas temperaturas como Gabriel López, Paispamba, Santa Leticia y los Milagros son clasificadas como confortables debido a que dichos valores no están por debajo de 0°C como es habitual en dichos países durante el invierno.

Del mismo modo en condiciones normales de frío el ser humano responde a este fenómeno de manera conductual debido a que él individuo puede controlar el frío reduciendo la superficie corporal expuesta con el uso de prendas de vestir que recubran todo su cuerpo del mismo modo el individuo puede encogerse con la finalidad de reducir a un más la superficie disponible para pérdida de calor. (STELLMAN, 1998)

Estudios recientes realizados por Shimazaki (et al, 2015) demostraron que la dirección y velocidad del viento por sí solas, no son un factor que afecte las condiciones de confort, puesto que se deben combinar las cuatro variables como son radiación, temperatura, humedad relativa y velocidad de viento para establecer condiciones de experiencia térmica humana, del mismo modo, la respuesta fisiológica del cuerpo está dada por la carga térmica humana que hace referencia a la regulación térmica de la piel con su periferia y se debe tener en cuenta el metabolismo, factores ambientales y el tipo de ropa o vestimenta que usa el individuo para establecer de manera apropiada los estados térmicos humanos además del confort experimentado.

En condiciones tropicales lo más coherente sería suponer que la clasificación más acertada para dichas estaciones es incomodas-muy frías en el caso del índice de temperatura efectiva o templado-fresco según el índice de terjung dado que en esas condiciones de temperatura y humedad relativa la respuesta física más común es la vasoconstricción periférica que consiste en la reducción del flujo sanguíneo periférico, la constricción es más pronunciada en las extremidades que en el tronco; en casos extremos de enfriamiento el cuerpo recurre a los escalofríos que consiste en una contracción aleatoria involuntaria de las fibras musculares superficiales, sin reducir la Pérdida de calor pero aumentando su producción.

12.2. ANALISIS DEL ENTORNO ECONOMICO Y CONFORT TERMICO

Como se mencionó anteriormente desde el punto de vista laboral, la actividad económica del Cauca se encuentra ligada a dos variables importantes, que son: la agricultura y comercio, estas combinadas ocupan más del 63.1% de la población económicamente activa.

El territorio caucano presenta un ambiente de pobreza generalizado, donde 51.6% de la población es considerado pobre y el 24% se encuentra en condiciones de pobreza extrema, dichas cifras no pueden ser atribuidas al clima o a las condiciones de confort dado que las condiciones de pobreza en el Cauca están ligadas a factores históricos como la concentración de tierras, conflictos ambientales por el uso de los recursos, además de sufrir los efectos del conflicto armado y el atraso tecnológico frente a otros departamentos (BANREP,2007), lo cual no tiene relación directa con el confort térmico. Según el estudio de Dell (et al,2008) las altas temperaturas tienen influencia en el desempeño económico de una región, principalmente en países en desarrollo, donde las actividades agrícolas tienen gran peso en el mercado laboral, además, de causar una disminución en las cosechas que pueden incluso influir en una inestabilidad política, aun así los autores del estudio señalan que más allá de los daños causados por altas temperaturas no se puede concluir que las variables climáticas tengan una influencia determinante en el desempeño económico, debido a que los países ubicados en el hemisferio norte presentan mejor producción agrícola y una economía diversificada, a pesar de manejar condiciones climáticas más frías o menos confortables respecto a sus pares tropicales.

12.2.1. Entorno económico agrícola

El Cauca es un territorio que cuenta con una gran variedad de pisos térmicos que le genera la posibilidad de diversificar su oferta agrícola, y al contar con un porcentaje de población rural del 61% según estadísticas del DANE para el año 2012, es muy importante saber cómo afecta el confort térmico el desempeño económico de ese sector de población caucana.

Un estudio realizado por Asofrucol en el año 2006 identificó 7 regiones con potencial agrícola en el departamento del Cauca, en el estudio se tuvo en cuenta las condiciones del suelo, las variables climáticas además de prácticas tradicionales de la población, en el cuadro 24 se evidencia que las regiones más afectadas por condiciones de frío o baja precipitación son la región de piso térmico frío y la región cálida del Patía

En la región de piso térmico frío donde los seres humanos pueden equilibrar su carga térmica mediante el uso de una vestimenta adecuada, los cultivos necesitarían la construcción y diseño de un invernadero con calefacción para contrarrestar las heladas, manteniendo una temperatura óptima para el desarrollo del cultivo, en el caso de la región cálida del Patía donde los datos de temperatura y humedad relativa según la estación meteorológica La Fonda son de 26°C y 79% HR respectivamente lo más importante es realizar actividades de reforestación mediante la utilización de plantas nativas que tengan capacidad de retener humedad, además, dichas plantas deben ayudar a disminuir la radiación recibida en la zona e incidir en el porcentaje de energía reflejado, lo anterior debe combinarse con el diseño de humedales artificiales y lagunas

que puedan ayudar a la regulación térmica local enfriando el clima en la noche y templándolo en el día (SIMANCAS,2003)

Por ende las soluciones para el mejoramiento del confort en las actividades agrícolas realizadas en espacios abiertos son de tipo tecnológico e ingenieril, los cuales deben buscar de antemano mejorar no solo la carga térmica humana sino que también deben mejorar la competitividad de la zona en una actividad agrícola específica, sabiendo que un mejor desempeño agrícola puede crear gran cantidad de empleos además de absorber laboralmente a la población rural del departamento.

Ahora bien, sabiendo que la región de piso térmico medio y la zona norte del valle geográfico del río Cauca concentran gran parte de la producción agrícola comercial, lo más importante es focalizar las zonas donde las actividades agropecuarias gozarían de condiciones óptimas de temperatura y humedad, con la finalidad de disminuir los costos de inversión dado que en espacios abiertos la creación de microclimas es complicada y no se han realizado estudios que traten el tema de manera amplia (Panagopoulos, 2008) además el diseño de un microclima se realiza haciendo un análisis detallado de las condiciones del sitio estudiado según lo propuesto por Brown y Gillespie (1995) y Torre (1999).

Cuadro 27. Regiones del Cauca y su potencial Frutícola.

Region de Piso Termico Frio	Zona con alta incidencia de heladas que esta por fuera de un potencial fruticola o cafetero , esta region se encuentra por encima de los 2800 msnm	Municipios de Silvia, Sotara, Totoro, San sebastian , Purace e Inza	Cubre parte de la zona nororiental de la provincia centro y la provincia oriente
Region de Tierradentro	A pesar de su extension , la region presenta limitantes en suelos , fisiografia e infraestructura	Municipio de Paez	Esta region es apta para el cultivo de aguacate ,mora, tomate de arbol , uchuva , curuba y lulo
Region de Piso Termico Medio	Esta region esta comprendida entre los 1000 y 2000 msnm, Esta región dispone de suelos moderadamente profundos, formados de materiales heterogéneos, bien drenados, de fertilidad moderada a alta y susceptibilidad a procesos erosivos, presencia de cenizas volcánicas, buenas condiciones físicas	Municipios ubicados sobre la cuenca del rio patia y cauca	En esta region es apta para el cultivo de lulo, tomate de arbol, mora y naranja valencia
Zona norte del valle geografico del rio Cauca	Es una region con tradición agrícola, infraestructura vial y organización gremial, productiva y comercial excelentes. Son tierras con planicies aluviales y de fertilidad de moderada a alta.	Municipios de Santander de Quilichao, Buenos Aires, Caloto, Puerto Tejada, Corinto, Miranda, Padilla y Villa Rica	Las frutas con alto potencial para la zona son mango, piña, limón Tahití, mandarina, naranja injerta, aguacate, maracuyá y uva
Region calida del Patia	privilegiada en brillo solar ve limitado su potencial para el desarrollo agrícola por la baja precipitación y el bajo desarrollo de infraestructura para riego	Municipio de Patia	Se marca una tendencia tradicional de producción de melón, sandía, mango criollo, limón pajarito, papaya y piña, cultivos limitados por la disponibilidad de lluvias y agua para riego
Bota Caucana	Cuenca alta y media del rio caqueta	Municipios de Santa Rosa y Piamonte	presenta un potencial para la investigación y desarrollo de las frutas amazónicas como arazá, y uva caimarona
Zona del Litoral Pacifico Caucano	Son suelos histosoles, constituidos principalmente por materiales sedimentarios, presentan muy baja evolución, mal drenados, superficiales y de fertilidad baja a muy baja	Municipios de Guapi, Timbiquí y López de Micay	Se ha especializado por sus condiciones en la producción tradicional de coco, chontaduro y borojó

Fuente: Asofrucol.

Cuadro 28. Consideraciones para el diseño micro climático

DISEÑO DE UN MICROCLIMA	
Ubicación	Posición geográfica, topografía, posición relacionada con las masas de agua, forma urbana.
Forma	Orientación, volumen, dimensión, proporción.
Límites	Límites verticales y horizontales.
Vegetación	Especies, edad, suelo, oxígeno, agua y recursos minerales disponibles, follaje, color, tipo (perennifolio o estacional).
Medidas de campo de un día típico del período estudiado	Aire y temperatura radiante, viento velocidad y dirección, radiación solar y humedad relativa.
Hipótesis de crecimiento basada en parámetros del sitio	

Fuente: Microclimatic Landscape Design—Creating Thermal Comfort and Energy Efficiency.

13. CONCLUSIONES

El manejo de los datos de las estaciones meteorológicas debe ser cuidadoso, debido a que un mal manejo en la estimación de datos faltantes puede afectar de manera directa la clasificación de confort térmico en una zona determinada.

La temperatura efectiva en el departamento del Cauca está marcada por el factor orográfico ya que la cordillera occidental, cordillera central, altiplano de Popayán, macizo colombiano y cuenca del Amazonas dividen los bioclimas humanos del departamento en Dos, donde la zona integrada por la provincia oriente, nororiente de la provincia centro además del sur de la provincia tienen temperaturas efectivas ligeramente cómodas e incómodas mientras que, los valles geográficos del río Cauca, Patía y la llanura del Pacífico presentan temperaturas efectivas incómodas causadas en esencia por la incidencia de altas temperaturas y humedad relativa.

El índice Wind Chill no es útil para hacer una clasificación de confort en climas tropicales donde los valores de temperatura y humedad relativa son mucho más altos que los de países en el hemisferio norte además es un índice diseñado para la estación de invierno, de igual manera el índice evidencia el hecho de que las bajas temperaturas pueden ser controladas mediante el uso de una vestimenta adecuada.

El entorno económico del territorio caucano se evidencia su potencial agrícola que le puede permitir una mayor diversificación en su oferta frutícola comercial pero se deben hacer estudios de más rigurosos sobre el desempeño laboral de las personas acorde a condiciones ambientales específicas además de soluciones tecnológicas e ingenieriles que mejoren tanto el confort como la productividad.

El diseño microclimático para el control o manejo de diferentes variables meteorológicas debe ser realizado con fines estratégicos para disminuir los costos de implementación del diseño.

La provincia sur es la que más participación tiene dentro de la mayoría de clasificaciones en el índice de Terjung, yendo desde la menor clasificación que se pudo encontrar para el departamento del Cauca, denominada Fresco (zona aledaña a la estación Valencia), hasta Muy Cálido Opresivo (zona aledaña a las estaciones Univ Nariño y la fonda) sin tener participación en la clasificación de templado, lo que hace a la Provincia sur una de las zonas con mayor diversidad en términos de confortabilidad.

La provincia Centro es la que mayor confortabilidad ofrece según el índice de Terjung, pues los datos registrados en tres de las estaciones cuyos municipios pertenecen a esta (Venta de Cajibío, La Sierra y APTO Valencia) quedaron dentro de ese rango, y una

estación (Paispamba) registra valores dentro de la clasificación templado que tampoco se aleja demasiado de una confortabilidad cómoda.

La provincia Norte se clasifica según los datos de las estaciones a las regiones que pertenecen en Cálido, según el índice de terjung lo cual no implica necesariamente una situación de confort insoportable, pero si se activa la zona de vaso-dilatación.

La provincia Occidente se clasifica según los datos de las estaciones APTO Guapi y Gorgona como Muy Cálido Opresivo, de acuerdo al índice de Terjung, en esta provincia los altos valores de temperatura del aire, asociados a la alta Humedad relativa, impiden que el cuerpo regule su temperatura por medio de la transpiración, por ende deben ajustar sus actividades laborales a ambientes más controlados, no en espacio abierto.

BIBLIOGRAFIA

AGUILERA, M. J., et al, 1990. Ejercicios Prácticos de Geografía Física (1ª. ed.). Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.

CAMPOS, D. F., 1992. *Procesos del ciclo hidrológico*. S.L.P., México, Editorial Universitaria Potosina.

CHICOTE, F. G. (1981). Conceptos básicos de Geografía. 1981, 1-2.

DURAND, D.F., 1972. *Climatología*, Ediciones Ariel, Barcelona.

DUBOIS, E. F., 1937. The Mechanism of Heat Loss and Temperature Regulation. Medical Science, Vol.3.

FANGER, P. O., 1970. *Thermal Comfort. Analysis and Applications in Environmental Engineering*. Denmark: Danish Technical Press.

FERNÁNDEZ GARCÍA, Felipe. Manual de Climatología Aplicada, Madrid: Editorial Síntesis, S.A. 1995.

GARCÍA DE MIRANDA, E. (1981). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (3ª ed.). México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.

GAMARRA, J., 2007. La economía del departamento del Cauca: concentración de tierras y pobreza. Banco de la República, Centro de Estudios Económicos Regionales (CEER), Cartagena, Colombia.

GONZÁLEZ, A., et al, 2015. La confortabilidad climática en los parques Las Peñas-Los Ocotillos y sus efectos en el bienestar humano. Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Guadalajara. México.

GONZÁLEZ, O., 1998. Metodología para el caculo del confort climático en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Bogotá, Colombia.

GRIFFITHS, John F., 1985. *Climatología Aplicada*, México, Publicaciones Cultural S.A. de C.V. Missenard, A., 1937, L'Homme et le climat, Eyrolles, Paris.

GUEVARA, J.M., 1987. *Métodos de Estimación y Ajuste de datos*, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.

GUZMAN, O., et al , 2013. Coeficientes para estimar la radiacion solar a partir de brillo solar en la zona cafetera colombiana. *Cenicafé* 64(1): 60-76.

HEWITT, Paul G. Física Conceptual, U.S.A. Addison-Wesley Iberoamericana, S.A. 1995.

IDEAM y UPME., 2000. *Mapas de Radiacion Solar en Colombia*. Departamento del Cauca: República de Colombia, Ministerio de Minas y energia.

DELL, M., B. F. (2008). CLIMATE CHANGE AND ECONOMIC GROWTH: EVIDENCE FROM THE LAST HALF CENTURY. NBER WORKING PAPER SERIES, 48.

McGREGOR, G. R. (1995). The human bioclimates of Western and South Pacific islands. *International Journal of Biometeorology*.

MOSIÑO, P. A., & Benassini, O., 1974. *Los climas de la Republica Mexicana (Primera edicion)*. Ciudad de Mexico: Secretaria de Educacion Publica, Instituto Nacional de Antropologia e Historia.

OCHOA, J. M., 1999. La vegetación como instrumento para el control microclimático (capítulo 5, Evaluación y aprovechamiento de los efectos microclimáticos de la vegetación). Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.

RAMIRES, L., et al, 2012. La confortabilidad climática en el Bosque Los Colomos y su influencia en el ambiente urbano de Guadalajara, Jalisco. Tercera Sección – Ambiental, Propuestas para la Gestión de los Parques en México, Jalisco, México.

RIVAS, S., 1987. La vegetación de España, Bioclimatología in Peinado, Universidad de Alcalá de Henares, Madrid, España.

SHIMAZAKI, Y., Yoshida, A., & Yamamoto, T. (2015). Thermal responses and perceptions under distinct ambient temperature. Elsevier Ltd.

SIMANCAS, Y. K. (2003). El clima como característica extrínseca de la vivienda. En Y. K. Simancas, Reacondicionamiento bioclimático de viviendas de segunda residencia en clima mediterráneo (pág. 34).

SOTO, C. y JÁUREGUI, E., 1968. *Cartografía de elementos Bioclimáticos en la República Mexicana*. UNAM.

TERJUNG, W.H. (1966): Physiologic climates of the conterminous United States: a bioclimatic classification based of man. *Annals of the Association of American Geographers*.

TORNERO, J., Pérez, C. A., Gómez, L. F. (2006). Ciudad y confort ambiental: Estado de la cuestión y aportaciones recientes. *Cuadernos de Geografía*, 80, 147-182. Valencia.

VOGT, J.-J. 1998. CALOR Y FRIO. En J. M. Stellman, Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo.

Referencias de Internet

Corporacion Autonoma Regional del Cauca (CRC) (2017). Páramos, [En línea]. Disponible en: <http://www.crc.gov.co/index.php/ambiental/ecosistemas-estrategicos/paramos> [fecha de consulta: Febrero de 2017].

Departamento Del Cauca, (2015). [En Línea] Disponible en: <http://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/cauca.html> [Fecha de acceso: Febrero 2017].

Ecosistemas estratégicos del Cauca, (2017). [En Línea] Disponible en: <http://www.crc.gov.co/index.php/ambiental/ecosistemas-estrategicos/paramos> [Fecha de acceso: Febrero de 2017].

GUIA DEL TRABAJO PRACTICO N° 2. Procesamiento de los datos de precipitación, (2017). [En Línea] Disponible en: <http://ing.unne.edu.ar/pub/hidrologia/hidro-tp2.pdf> [Fecha de acceso: Septiembre de 2017].

Hidromed.com.pa, (2017). Sensación Térmica. [En Línea] Disponible en: http://www.hidromet.com.pa/sensacion_termica.php [Fecha de acceso: Febrero de 2017].

DANE (2015).Informe de Coyuntura Económica Regional, [En Línea] Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/icer/2015/ICER_Cauca2015.pdf [Fecha de acceso: Agosto de 2017].

IDEAM (2015).Medio Ambiente IDEAM, [En Línea]. Disponible en: <http://web.archive.org/web/20030420212721/http://www.ideam.gov.co/publica/medioamb/cap3-i.pdf> [fecha de consulta: Febrero de 2017].

OMM 2012. Índice normalizado de precipitación Guía del usuario OMM No 1090, (2012). [En Línea] Disponible en: http://www.droughtmanagement.info/literature/WMO_standardized_precipitation_index_user_guide_es_2012.pdf [Fecha de acceso: Agosto de 2017].

Plan Frutícola Nacional. Desarrollo de la Fruticultura en el Cauca, (2017). [En Línea] Disponible en:

http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_102_Pan%20Frut%20CAUCA.pdf [Fecha de acceso: Septiembre de 2017]

Plan Departamental de Empleo del Cauca, (2017). [En Línea] disponible mintrabajo.gov.co/documents/20147/18989457/Plan%2Bde%2BEmpleo%2Bde%2BCaUCA.pdf [Fecha de acceso: Septiembre de 2017]

Provincias Departamento Del Cauca, (2017). [En Línea] Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Provincias_del_Cauca [Fecha de acceso: Agosto de 2017].

República de Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible (2017). Ley 1712 de 2014. [En Línea]. Disponible en: http://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-7147_documento.pdf [fecha de consulta: Febrero de 2017].

República de Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible (2017). Ley 99 de 1993. [En Línea]. Disponible en: http://www.ideam.gov.co/documents/24024/26915/C_Users_hbarahona_Desktop_Monica+R_normas+pag+web_ley99.pdf/74d71519-bd5b-483e-99f5-d38c2cf1c11e [fecha de consulta: Febrero de 2017].

ANEXOS

ANEXON°1

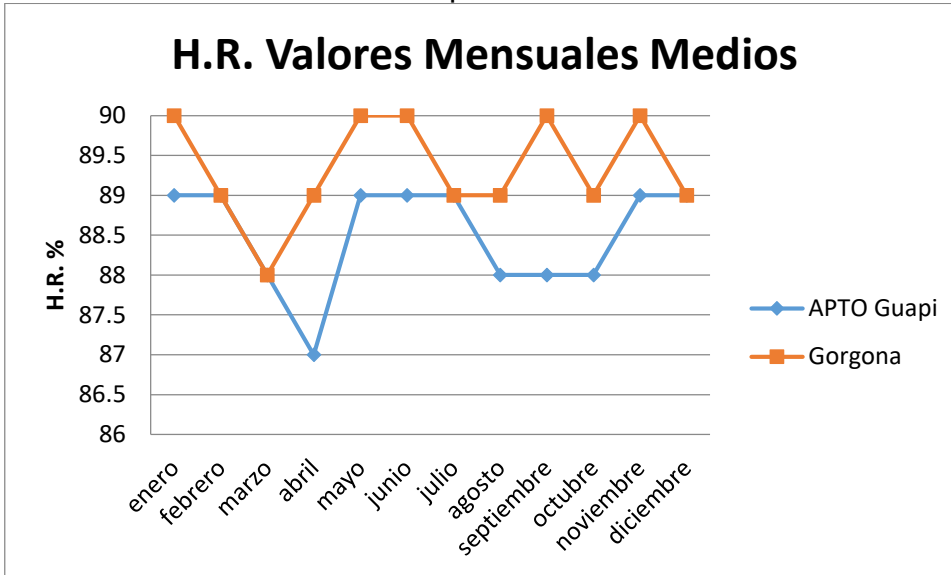
Cuadro 29. Valores de Oscilación Térmica anual (OTA)

PROVINCIA	ESTACIONES	TEMPERATURA MENSUAL(°C)		OTA(°C)	OTA(°C)
		MAXIMO	MINIMO		PROMEDIO
Occidente	Apto Guapi	Abril	Diciembre	1	1
		26.7	25.7		
	Gorgona	Abril	Noviembre	1	
		26.8	27.8		
Centro	Paispamba	Mayo	Noviembre	1	1.3
		14.4	13.4		
	APTO Valencia	Agosto	Noviembre	0.9	
		19.9	19		
	Venta de Cajibío	Agosto	Noviembre	1.3	
		19.2	17.9		
La Sierra	Agosto	Noviembre	1.8		
Norte	Ing Bengala	Agosto	Abril	2.6	1
		27.1	24.5		
	Ing Cauca	Agosto	Noviembre	0.6	
		23.8	23.2		
	Miranda	Agosto	Octubre	0.2	
		23.8	23.6		
Iomitas	Agosto	Noviembre	0.6		
Oriente	Gabriel López	Marzo	Agosto	0.9	0.9
		10.9	10		
	Sta. Leticia	Febrero	Julio	0.9	
		16.1	15.2		
Sur	Valencia	Abril	Agosto	1.2	1.9
		11.3	10.1		
	Bolívar	Agosto	Noviembre	2.4	
		23.3	20.9		
	Los Milagros	Septiembre	Noviembre	1.3	
		17.2	15.9		
	Mercaderes	Agosto	Noviembre	2	
		24.2	22.2		
	Univ Nariño	Agosto	Noviembre	1.8	
		27.7	25.9		
La Fonda	Agosto	Abril	2.6		
		27.1	24.5		

Fuente: elaboración propia.

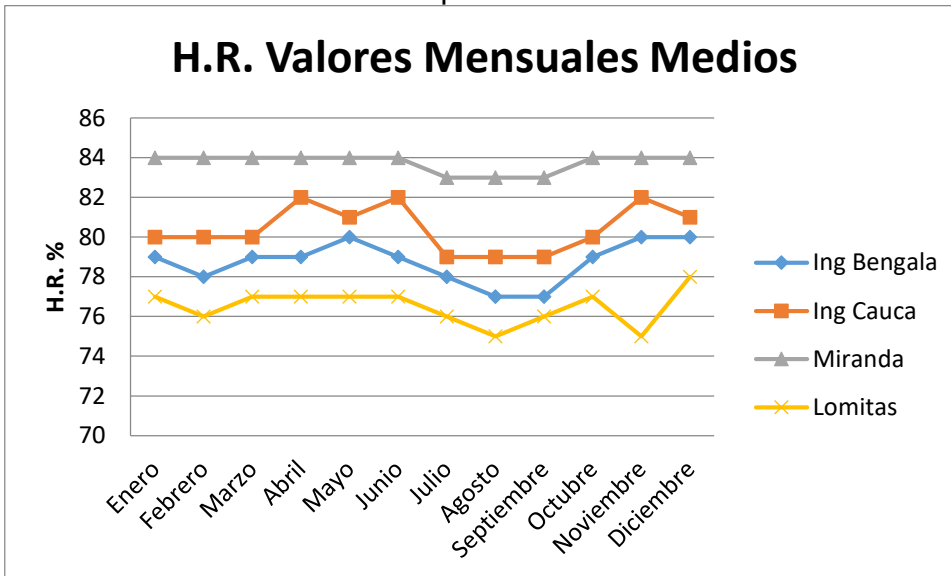
ANEXO N°2

Grafico 1. Valores Promedios para la Provincia Occidente



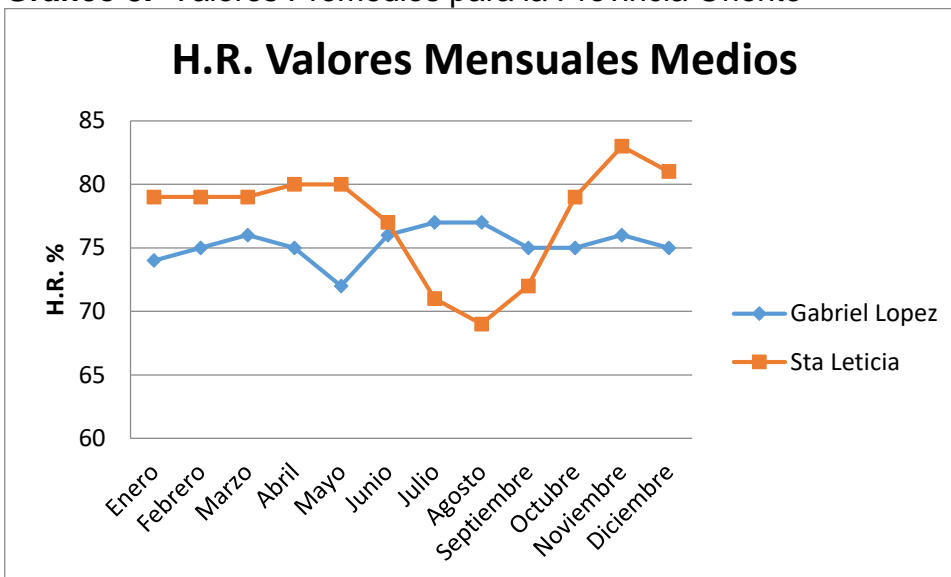
Fuente: elaboración propia.

Grafico 2. Valores Promedios para la Provincia Norte



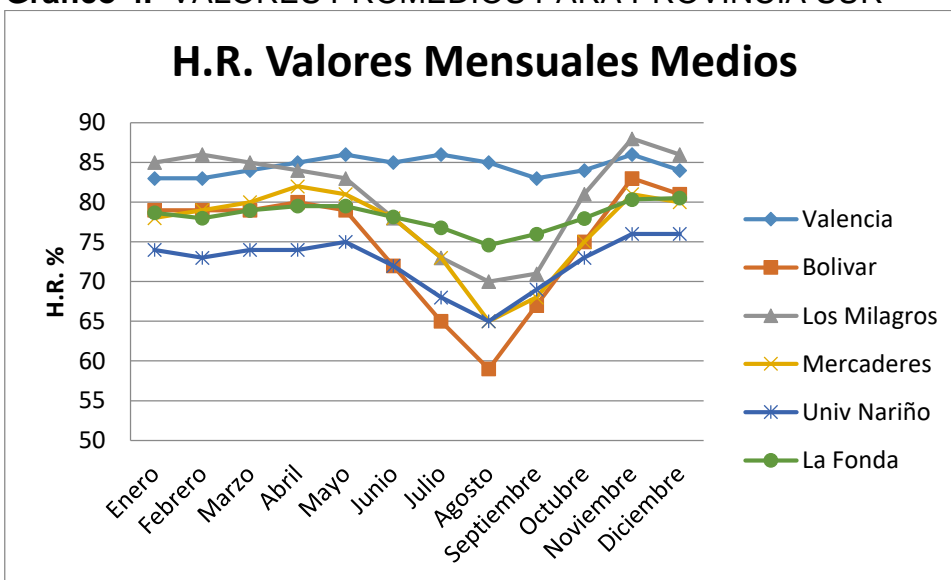
Fuente: elaboración propia.

Grafico 3. Valores Promedios para la Provincia Oriente



Fuente: elaboración propia.

Grafico 4. VALORES PROMEDIOS PARA PROVINCIA SUR



Fuente: elaboración propia.