



## ZONAS MORFOCLIMÁTICAS, BIOGEOGRAFÍA Y SISTEMAS AGRÍCOLAS EN UN SECTOR DE LA SABANA DEL CARIBE COLOMBIANO

Carlos Enrique Castro Méndez

Yolima Del Carmen Agualimpia Dualiby

---

### Resumen

Las zonas morfoclimáticas definidas a partir de cartografías del Instituto Geográfico Agustín Codazzi proceden del análisis de regiones y de la modelación reciente de sistemas hídricos de cubrimiento nacional. Estos elementos espaciales permitieron trabajar un marco climático que al compararlo con el perfil vegetativo descrito en las zonas de vida definidas por Holdridge, mantienen aún las características generales. La subdivisión de Colombia en zonas junto con el análisis de correlación altitud- temperatura promedio de las estaciones permitieron la revisión del planteamiento de Francisco José de Caldas en referencia con la delimitación de los pisos térmicos. Luego de solucionar el desplazamiento de coordenadas de las estaciones meteorológicas, se generaron gradientes de temperatura del aire que, para el caso, está cercano al suelo. La escala semidetallada que representa los suelos posibilitó la generación de nueva información para la sabana del Caribe dentro del clima cálido seco y es de utilidad para el ordenamiento del territorio. A través de la modelación del índice de humedad se generaron franjas de humedad relacionadas con el relieve que, aunque se clasifican en el rango de seco, permitieron la identificación de sitios con mayor condensación de humedad y su análisis se consideró como un elemento clave para el ordenamiento espacial de los sistemas productivos.

**Palabras clave:** Zonas morfoclimáticas, Sistemas agrícolas, Índice de humedad, Sabanas del caribe.

## **MORPHOCLIMATIC ZONES, BIOGEOGRAPHY AND AGRICULTURAL SYSTEMS IN A SECTOR OF THE COLOMBIAN CARIBBEAN SAVANNA**

### **Abstract**

The morphoclimatic zones defined from cartographies of the Agustín Codazzi Geographical Institute come from the analysis of regions and the recent modeling of water systems of national coverage. These spatial elements allowed us to work on a climatic framework that, when compared with the vegetative profile described in the life zones defined by Holdridge, still maintains the general characteristics. The subdivision of Colombia into zones together with the analysis of the correlation altitude - average temperature of the stations allowed the revision of Francisco José de Caldas' approach in reference to the delimitation of the thermal floors. After solving the displacement of the coordinates of the meteorological stations, air temperature gradients were generated, which in this case is close to the ground. The semi-detailed scale that represents the soils made it possible to generate new information for the Caribbean savanna within the hot dry climate and is useful for land use planning. Through the modeling of the humidity index, humidity bands related to the relief were generated that, although classified in the dry range, allowed the identification of sites with greater humidity condensation and their analysis was considered a key element for spatial ordering of productive systems.

**Keywords:** Morphoclimatic zones, Agricultural systems, Humidity index, Caribbean savannas.

## **ZONAS MORFOCLIMÁTICAS, BIOGEOGRAFIA E SISTEMAS AGRÍCOLAS NUM SECTOR DA SAVANA COLOMBIANA DAS CARAÍBAS**

### **Resumo**

As zonas morfoclimáticas definidas a partir das cartografias do Instituto Geográfico Agustín Codazzi partem da análise de regiões e da modelagem recente de sistemas hídricos de cobertura nacional. Esses elementos espaciais nos permitiram trabalhar em um quadro climático que, quando comparado com o perfil vegetativo descrito nas zonas de vida definidas por Holdridge, ainda mantém as características gerais. A subdivisão da Colômbia em zonas juntamente com a análise da correlação altitude - temperatura média das estações permitiu a revisão da abordagem de Francisco José de Caldas no que se refere à delimitação dos pisos térmicos. Após solucionar o deslocamento das coordenadas das estações meteorológicas, foram gerados gradientes de temperatura do ar, que neste caso está próximo ao solo. A escala semi-detalhada que representa os solos possibilitou a geração de novas informações para a savana caribenha dentro do clima quente e seco e é útil para o planejamento do uso do solo. Através da modelagem do índice de umidade, foram geradas bandas de umidade relacionadas ao relevo que, embora classificadas na faixa seca, permitiram a identificação de locais com maior condensação de umidade e sua análise foi considerada como elemento chave para o ordenamento espacial dos sistemas produtivos.

**Palavras-chave:** Zonas morfoclimáticas, Sistemas agrícolas, Índice de umidade, savanas caribenhas.

## **INTRODUCCIÓN**

Las zonas morfoclimáticas de Colombia son un novedoso marco de referencia climático de orden local que permitió homogenizar los espacios, con relación a la distribución de las estaciones climatológicas concentradas en la zona andina y las estaciones dispersas en los territorios poco poblados. Al generar zonas homogéneas en condiciones climáticas particularizadas se pasa de la representación espacial aproximada a un rango de altitudes fijas definidas hace más de 250 años, a un gradiente de temperatura que varía de acuerdo con la exposición de las laderas al sol, la incidencia de los vientos, la cercanía a los cuerpos de agua y la posición entre relieves; a esta nueva escala de trabajo los índices de humedad se tornan dependientes del cambio en el relieve y de los índices de Evapotranspiración Potencial ETP. El análisis climático es suficientemente explícito para representar la zonificación climática, a escala semidetallada y su información es necesaria para delimitar la aptitud de uso de los suelos.

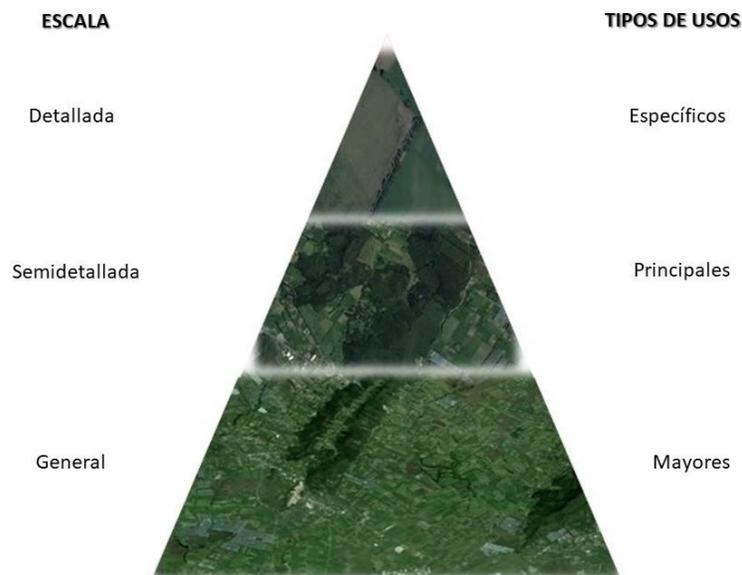
La presente investigación fue realizada en conjunto por los grupos de Investigación Suelos y Ecología del Instituto Geográfico Agustín Codazzi y PROGASP-GAIA de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, que en una primera fase del proyecto produjo el informe titulado “Propuesta metodológica para la zonificación climática a diferentes escalas en Colombia, con fines de manejo sostenible del territorio. Fase I” que incluyó la validación durante levantamientos de suelos realizados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi a las escalas semidetallada y detallada y la representación de los pisos térmicos, un elemento necesario para la planificación de tierras dedicadas a la agricultura intensiva. Con este avance se llevó a cabo la revisión a los planteamientos de Francisco José de Caldas y la representación a escala.

Este avance en zonificación climática se presenta como una oportunidad técnica para mostrar la validez de la correlación entre suelos y paisajes a partir de la variable climática. La información de áreas homogéneas de tierras para el catastro, especialmente la cartografía nacional de suelos de Colombia versión IGAC (2000) y la información climática, estaban asociadas al mapa de zonas de vida (Espinal, 1979), para la versión IGAC (2010) el mapa de clima fue realizado por el IDEAM. En ambas representaciones del clima utilizadas en la cartografía de suelos se encontraron inconsistencias, que fueron particularmente visibles durante el cambio de escala general a semidetallada, lo que inspiró la generación de un producto cartográfico exclusivo para los levantamientos de suelos, que permitiera integrar la información

existente y que tenga la posibilidad de ajuste en sus líneas durante los trabajos de reconocimiento de suelos.

Los sistemas agrícolas están directamente relacionados con la representación a una escala definida, así como el instrumento utilizado para determinar el uso de las tierras. En la figura 1 se ilustra el tipo de uso recomendado para una cartografía de suelos que se representa a escala, sin embargo, es necesario aclarar que dada la misionalidad de la institución, la clasificación por capacidad de uso se realiza a todas las escalas y es la razón por la cual se plantean ajustes en la definición de los sistemas agrícolas y en las prácticas de manejo, más que en la definición del tipo de cultivo que sea apropiado a las condiciones del suelo.

Entre los mitos que definían la espacialización de los cultivos se encontró el caso del café, en el que se tiene a la altitud como uno de los determinantes para producir las mejores cosechas. En Colombia, las mayores extensiones de cultivos se producen en el clima cálido y allí se presentan las mayores inversiones; en ese sentido, es importante anotar que Colombia cuenta con 89,6% de sus tierras localizadas en el piso térmico cálido con temperaturas del aire media anual mayor a 24°C (IGAC, 2015), y que la aptitud agrícola de las tierras depende en gran medida de la cantidad y de la distribución de las lluvias. De esto surge el siguiente interrogante que orienta el principal enfoque de esta investigación ¿Cuáles son las características bioclimáticas de estos espacios para que sean incluidos en los territorios productivos?



**Figura 1. Relación entre la escala de representación y el tipo de uso propuesto**

**Fuente: los autores**

Para dar continuidad a los estudios realizados sobre el equilibrio ecosistémico derivado de la función ambiental del suelo en referencia con la regulación del movimiento de agua procedente de la precipitación y de los nacimientos de agua, así como su efecto reflejado en el mantenimiento del caudal base de los ríos (Agualimpia, 2015), era necesario abordar a la zonificación climática con la finalidad de conocer la variabilidad espacial del clima y la distribución de la humedad en los suelos.

La segunda investigación realizada por los autores estuvo relacionada con la representación espacial del clima en los paisajes, indispensable para determinar la relación suelo – agua en un concepto más amplio e importante como es la zonificación climática aplicada a la identificación de los regímenes climáticos en los suelos (Castro, Agualimpia y Sánchez, 2016). Allí el agua y el suelo se encuentran presentes dentro de ese marco espacial que permite la profundización en el régimen de humedad del suelo y la clasificación taxonómica (Agualimpia y Castro, 2019).

En la primera etapa del proyecto de investigación sobre zonificación climática se identificó la relación existente entre el clima ambiental y el régimen climático del suelo y para cumplir con ese objetivo era necesario revisar y plantear un proceso metodológico con enfoque cuantitativo a través del cual se pudieran delimitar las franjas altitudinales de los pisos térmicos; este dato geográfico es necesario para establecer la línea base del clima edáfico y se consideró como una información útil para actualizar el Mapa Nacional de Suelos de Colombia a la escala 100.000.

En esta propuesta se incluyeron los esfuerzos realizados hasta ahora por investigadores de varias disciplinas para asociar los efectos climáticos en la transformación del paisaje durante los tiempos geológicos. Durante la búsqueda de una clasificación climática que pueda ser representativa de la zona intertropical, es decir que, sea aplicable a Colombia, se trabajó principalmente en la identificación del clima según la variación altitudinal como primera división climática espacial.

El proyecto de investigación incluyó los avances realizados por investigadores tales como Francisco José de Caldas, Alexander Von Humboldt, Ernesto Guhl y José Cuatrecasas, quienes estudiaron el clima y la función vegetal y se tomaron además como referente los trabajos

adelantados por Espinal (1979). En esta fase se profundizó en la influencia que tiene el clima en la formación vegetal, a una escala de mayor detalle como fue la de identificar especies indicadoras del clima, en contraste con los biomas que conservan una visión o escala global.

Se avanzó en la comprensión de diferentes formas en que influye el clima en la conformación de paisajes, para lo cual se realiza comparación de la relación clima-relieve, con la revisión de los argumentos utilizados para explicar los paisajes de las sabanas naturales en todos los climas. La inclusión de variables físicas tales como la geología y el paisaje en la zonificación climática dan nuevos enfoques y planteamientos teóricos a las técnicas de identificación fisiográfica del paisaje, las cuales permiten entender el paisaje actual y la acción del clima en la conformación y modificación de estos paisajes. Los trabajos de ecología del paisaje de la escuela francesa utilizaron este recurso al relacionar el clima con el paisaje y los usos de la tierra.

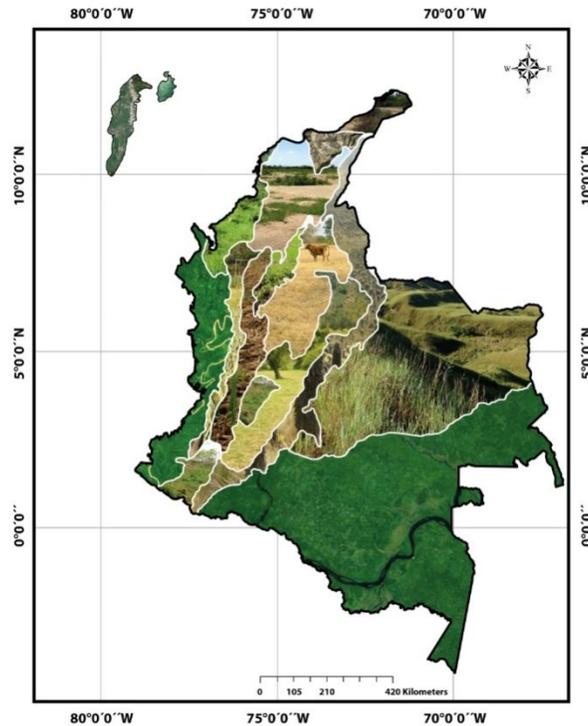
En Colombia los esfuerzos por una representación espacial de aspectos físicos recibieron un impulso por parte de profesionales formados en las escuelas de geomorfología de Francia y Estados Unidos, que mediante la interpretación de paisajes agrupados en regiones naturales y la inclusión de aspectos sociales dieron origen a nuevas interpretaciones espaciales, derivadas posiblemente de condiciones climáticas.

Estudios basados en gradiente de temperatura fueron generados por investigadores con la finalidad de establecer los límites en la alta montaña, para cada una de las vertientes en los andes colombianos. Los pisos térmicos son el mayor referente con el que se cuenta para un análisis climático de la zona intertropical; era necesario revisar los espacios en que se realizaron estas regresiones altura-temperatura. Los gradientes de temperatura de cada vertiente permitieron suponer la existencia de otras variables que aunque son poco utilizadas en la zonificación climática, son influyentes en la temperatura ambiental y en los cambios regionales. Las variables mencionadas son los vientos y los aspectos físicos que relacionan la posición de las vertientes con las horas de exposición directa de la luz solar.

Con la propuesta de zonas morfoclimáticas y de acuerdo con las experiencias llevadas a cabo en los trabajos de campo en varias regiones colombianas, se configuró el mapa de zonas morfoclimáticas de Colombia (Figura 2) que se presenta como el escenario nacional para conocer diferentes gradientes de temperatura. Con el análisis se pudo considerar la presencia de vertientes de umbría (sombra) y de solana (sol permanente) los cuales permitieron comprender la importancia de regiones localizadas en el Valle de Cauca con 12 horas de sol y diferencia en los

límites de los páramos colombianos de acuerdo con su localización en la zona andina y en la vertiente. En la figura 2 se representan los paisajes característicos y la manifestación del clima en las coberturas vegetales en las 15 zonas morfoclimáticas propuestas para el país incluida la zona insular.

Para el caso, se localizó, en estas zonas morfoclimáticas, la información oficial de temperatura del aire del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y se generaron regresiones de correlación entre altitud y temperatura. Fue necesario subdividir algunas áreas morfoclimáticas como la zona caribe, en la cual la presencia de la Sierra Nevada de Santa Marta y la cercanía al mar influyeron en los cambios de gradiente de temperatura. Los resultados de la determinación de los gradientes térmicos se encuentran en Agualimpia y Castro (2016).



**Figura 2. Representación pictórica de las zonas morfoclimáticas de Colombia**

**Fuente: los autores**

El resultado de combinar la cartografía del tema biogeografía con la delimitación de las cuencas hidrográficas se contrastó con las regresiones referenciadas en otros trabajos de investigadores realizados por Stanescu (1971), Flórez (1986), Eslava (1986), Garzón (1986), Mendez & Dualiby (2022)

IGAC (1987), Callejas y Castellanos (1991), IGAC, (1988), Poveda et al (2000) e IDEAM (2014).

El agua y el suelo son elementos del ecosistema que se gestionan por separado y las decisiones que se toman son contradictorias aun en temas ambientales. El agua es tomada como un recurso que se tiene para los procesos productivos, industriales y en la actualidad se utiliza para los procesos mineros como el fracking, en termoeléctricas y en los procesos geotérmicos que se implementan en los países latinoamericanos.

En el grupo de investigación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas “Programa de gestión ambiental y servicios públicos - PROGASP” y el grupo de Suelos y Ecología del Instituto Geográfico Agustín Codazzi se realizan investigaciones que involucran el agua y el suelo como elementos integrados e interdependientes denominado “*el eclecticismo agua-suelo*”; la primera investigación incluyó esta relación en el análisis del caudal ecológico tornando al suelo como agente regulador del caudal base de los ríos; se dio origen al concepto de “Caudales de conservación de los ecosistemas fluviales” que posteriormente dio campo al servicio ambiental específico bajo el constructo el de *Suelos Hidro-Conductores* (SHC). Este conocimiento está relacionado con los espacios de vida por la cercanía que hay entre la zonificación climática aplicada al levantamiento de suelos y la identificación de las zonas de vida de Holdridge.

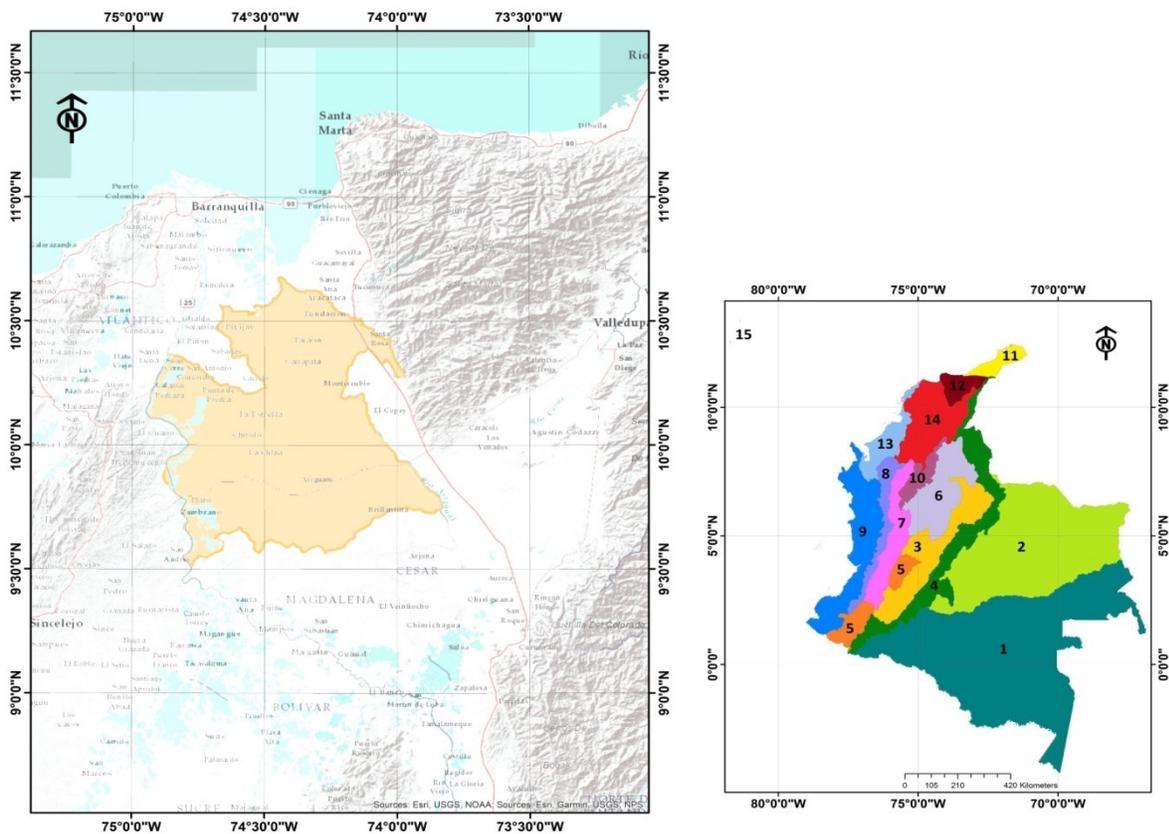
## PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

Teniendo en cuenta que los desarrollos agrícolas más importantes en Colombia se realizan en pisos térmicos cálidos y que hay una tendencia a incrementar el uso agrícola en los espacios denominados “sabana” se escogieron 856.086,5 hectáreas como área de trabajo, localizadas en clima cálido seco en un sector de la zona morfoclimática del Caribe oriental localizada en el departamento del Magdalena que tiene influencia de la cadena montañosa de la Sierra Nevada de Santa Marta en la Zona 14 (Figura 3).

El siguiente referente de la zona escogida es el ser parte de la frontera agrícola (MADR – UPRA, 2018); sus principales características son la temperatura promedio anual superior a 24°C, el rango de precipitación en el área escogida se encuentra entre 1.000 a 2.000 mm/año y de acuerdo con el esquema de zonas de vida de Holdridge (1979) el sector clasifica para provincia

subhúmeda denominada en términos de coberturas naturales como de bosque seco. De acuerdo con Halffter (1992) el sitio escogido se encuentra dentro de la provincia cinturón árido pericaribeño. El gradiente de temperatura calculado para la zona morfoclimática de la Sabana Caribe sector oriental indica que, al ascender 100 metros en el relieve, la temperatura del aire desciende  $0,62^{\circ}\text{C}$  (Agualimpia y Castro, 2018)

El segundo paso dentro del procedimiento desarrollado en el estudio consistió en hacer un análisis histórico del sitio escogido, para conocer los principales aspectos de la ocupación y los usos frecuentes de las tierras que sirvan de referentes sociales y culturales importantes en la recomendación de los tipos de usos y sus sistemas productivos.



**Figura 3. Delimitación del área de sabana caribe localizada en la zona morfoclimática número 14 en el clima cálido seco**

**Fuente: los autores**

Las variables de precipitación, temperatura, evapotranspiración e índice de humedad, se agruparon en valores, rangos e índices que en conjunto determinan el tipo de clima (IGAC, 2021); no obstante, en los estudios de sistemas agrícolas que trabaja la FAO (1992), la agricultura

es tomada como un sistema complejo del que es importante obtener no solo las limitantes del suelo para hallar la capacidad de uso (IGAC, 2021a), sino que es importante analizar la localización, las tecnologías, la infraestructura y las diferencias regionales.

Bajo ese precepto el análisis espacial de elementos del clima puede obtenerse bajo el enfoque biogeográfico, lo que permite ir más allá del planteamiento englobante del uso de la tierra cuando se incluye la variable de humedad que permite la reorganización de los usos acorde con rangos de humedad siendo un factor no previsto antes.

De acuerdo con lo anterior se realizó la cartografía de distribución espacial de la temperatura aplicando la fórmula hallada para la zona morfoclimática de Caribe oriental (Aguilimpia y Castro, 2018).

$$TA = 27,669 + (-0,0056 \times h) \text{Ecuación 1}$$

Donde

TA es temperatura promedio anual del aire a 120 cm en grados centígrados

h es altitud tomada del modelo digital del terreno (A los 12 metros)

La distribución de la precipitación se realizó a partir de estaciones escogidas en la normal climatológica del IDEAM 1980 - 2010 (OMM, 2011); el procedimiento era generar un raster obtenido a partir de las estaciones en la región mediante la aplicación del método de interpolación IDW.

En términos de régimen de temperatura del suelo los suelos con temperatura mayor a 24°C se clasifican como isohipertérmicos (IGAC, 2021c); hay una propuesta para identificar los suelos que tienen una temperatura promedio anual cercano a 28°C y si los valores superan ese límite se les llamaría de régimen megatérmico y están próximos a un proceso de desertificación (Garzón, 1983; IGAC, 2015; Aguilimpia y Castro, 2016). Conocer la distribución de la temperatura en el paisaje permite identificar procesos de formación de los suelos y capacidades caloríficas para la síntesis de azúcares o formación y acumulación de grasas en los frutos.

La evapotranspiración potencial se calculó aplicando el factor de Holdridge (1982) al raster de temperatura de aire hallado a partir de la ecuación 1

$$ETP = TA \times 58,93 \text{Ecuación 2}$$

Donde

TA es temperatura del aire en formato raster

58,93 es el factor de Humedad de Holdridge (1982)

Se realizó la distribución espacial del índice de humedad correspondiente al clima seco para observar al interior en donde están los valores extremos e intermedios y aplicar nuevos conceptos de ordenamiento del uso de la tierra a partir de necesidades hídricas de las especies.

La distribución de la temperatura y de la precipitación se consideraron como material de reconocimiento de campo en los que se buscó la correlación existente de estos elementos con los índices de meteorización y desarrollo pedogenético que se evaluaron durante los trabajos de campo. Estos elementos espaciales permitieron la producción de hipótesis en las cuales los suelos más desarrollados, saturados, ácido salinos, pudieron ser identificados dando así certezas sobre la prevalencia de estas características de suelos en ciertos sitios del paisaje.

El índice de humedad de Holdridge (1982) corresponde a la relación entre la evapotranspiración potencial ETP y la precipitación PPTAC, ecuación 3.

$$Ind H. = \frac{ETP}{PPTAC} \text{Ecuación 3}$$

Estos planteamientos teóricos permiten una nueva escala de análisis de los llamados suelos lateríticos planteados por Tricard (1978), para las condiciones de las sabanas en el mundo buscando con este propósito su diferenciación en el nivel local.

La capacidad de uso o clases agrológicas utiliza los regímenes de humedad del suelo como un factor determinante del uso (IGAC, 2021); sin embargo, la correspondencia directa entre clima ambiental y clima edáfico no permite observar las diferentes aptitudes de la tierra por humedad y tampoco las zonas transicionales en humedad debido a que la unidad climática engloba todas las posibilidades (Tabla 1).

**Tabla 1. Matriz de correspondencia entre Clima ambiental y régimen de humedad del suelo.**

	Índice de	Condición de		Régimen de
--	-----------	--------------	--	------------

Régimen térmico	humedad ETP/PPTAC	humedad	Clima ambiental	humedad
Temp. > 24°C	> 8	Árida	Cálido desértico	Xérico
	2 - 8	Semiárida	Cálido muy seco	Ústico
	1 - 2	Seca	Cálido seco	Ústico
	0,5 - 1	Húmeda	Cálido húmedo	Údico
	0.25 - 0,5	Muy húmeda	Cálido muy húmedo	Údico
	0,125 - 0,25	Per húmeda	Cálido pluvial	Perúdico

Fuente: IGAC, 2021a; IGAC, 2021b; IGAC, 2021c

De acuerdo con la metodología de capacidad de uso IGAC (2021a) la clase agrológica 1 puede darse en suelos de climas cálido húmedo y cálido seco, que tienen una condición de humedad seca a húmeda, y en donde el régimen de humedad del suelo sea ústico o údico y que tenga lluvias bien distribuidas en el año o un semestre seco. Esto deja luz a que la información climática no se considere una variable determinante del uso y que para la inclusión de los sistemas agrícolas derivados del uso potencial sea necesario advertir sobre las necesidades de aguas para riego, antes que prevenir el uso excesivo de las tierras y la desecación de las mismas.

De acuerdo con la metodología de capacidad de uso IGAC (2021a) las clases agrológicas 1 a la 4 están dotadas naturalmente para usos en agricultura y ganadería tecnificada de tipo intensivo y semi intensivo; las clases agrológicas 5, 6 y 7 pueden utilizarse en forma restringida, en actividades agrícolas, ganaderas, agroforestales y/o forestales y la clase agrológica 8 deben utilizarse sólo en preservación, conservación y ecoturismo.

Las tierras del caribe colombiano se encuentran en el segundo grupo de tierras (5,6 y 7) que tienen restricciones para actividades agrícolas y ganaderas; en otros aspectos los sistemas agrícolas que son pertinentes para la región de acuerdo con la capacidad de uso son: cultivos transitorios, cultivos permanentes, agroforestería, silvopastoril, agroforestales y conservación.

Cada clase agrológica dependiendo del índice de humedad representado espacialmente puede responder a los requerimientos naturales de agua; los índices de condensación de lluvias pueden analizarse en el mismo rango de la determinación de la condición de humedad (valores ETP/Precip. entre 1 y 2 corresponden a condición seca) y de acuerdo con los usos de la región, es así como los sistemas agrícolas deben incluir a la sociedad local, su cultura, sus tradiciones y la oferta natural equilibrada.

## **DESARROLLO**

De acuerdo con el contexto global, los períodos glaciales durante el pleistoceno causaron el retroceso de los casquetes glaciares y una disminución de las lluvias, lo anterior causó la proliferación de vegetación herbácea y arbustiva en las selvas intertropicales; durante ese proceso aparecen las zonas semidesérticas acompañadas del incremento en los vientos y esto influyó en la formación de dunas y médanos en las sabanas caribeñas, gran parte de ese pasado puede observarse en el valle del río Ariguaní y también es visible en la granulometría de su cauce (Hernández et. al, 1994).

En la vía a Algarrobo puede observarse que los procesos eólicos llevaron a la formación de enclaves desérticos con especies vegetales xeromórficas. Los géneros más comunes en el bosque seco son *Bulnesia*, *Aspidosperma*, *Tabebuia* y *Prosopis*, cuyo pasado se remonta a dos millones de años y marcan la biodiversidad actual en estos paisajes. Las especies de hoja caduca han pasado por varias modificaciones y en algunos casos se desconoce su línea evolutiva (Hernández, et. al, 1994).

Algunas especies se adaptan a cambios climáticos locales, se transforman en vegetación xerofítica y en plantas suculentas que tiene variados sistemas radiculares, algunos con tubérculos y transformaciones en sus hojas durante la evolución. Los sistemas agrícolas se derivan de un pasado histórico del territorio, este solo se construye en sociedad; los espacios de vida están íntimamente ligados con las prácticas culturales y estas a su vez se encuentran en equilibrio con la oferta ambiental y los aspectos climáticos de la región.

El aspecto físico a analizar es el de la estructura vial, en tal caso, en el sector de sabana caribe, hay dos vías vehiculares que dirigen el flujo desde Bosconia hasta Santa Marta y conecta con un elemento histórico presente aun como son las vías férreas dejadas por la Fruit Company y la otra es la vía Bosconia – el Carmen, de carácter regional y local sitio de transporte al interior de la zona de estudio. En cuanto al desarrollo ferroviario se nota como los productos fueron sacados desde Fundación y Ciénaga hasta el Puerto de Santa Marta, de allí la carga se conectó vía marítima con América del Norte y con Europa en una intrincada red de trenes que permitieron el tránsito de frutas por el interior de Estados Unidos hasta Canada y desde las costas europeas hacia el interior de ese continente.

Si se aplica la categoría región o de territorio necesariamente se piensa en un enfoque cultural que facilita la descripción biogeográfica, la región como una construcción social con símbolos, que establece una cotidianidad de sus habitantes reflejadas en la cotidianidad y se constituye en una representación social de los espacios de la sabana del caribe colombiano que son producto de un proceso de ocupación.

Esta diversidad de culturas llegadas con la aventura del comercio en el siglo XIX (CEPAL,2004) y con migración de europeos que huían de la segunda guerra mundial (Arizpe, et al, 2007), trajo a las tierras de la sabana caribe una población variada de sirios, libaneses y palestinos que vieron en estas tierras condiciones de vida similares y generaron nuevas relaciones culturales que pueden percibirse en los tipos de alimentos y en las prácticas diarias que diversificaron la vida cultural caribeña(Banco de la República, Colombia. sf).

Las sabanas del caribe son acordes a las principales características de las tierras que pueden insertarse en la globalización tales como relieve plano apto para la mecanización plena, temperaturas altas que posibilitan la acumulación de azúcares o aceites, proximidad a las zonas costeras con mayores posibilidades para la movilización de abundante carga si se acondicionan las vías férreas.

Estas tierras cumplen con una acumulación milenaria de nutrientes debido a los procesos intensos de meteorización y muy pocos picos de excesos de agua que causen el lavado de los nutrientes. Los suelos en su mayoría son saturados de elementos incluso pueden acumular nutrientes en exceso para convertirse en suelos salinos o sódicos.

## **ARMONIZACIÓN DE USOS AMBIENTALES Y PRODUCTIVOS CON ENFOQUE BIOGEOGRÁFICO**

Se trata de estudiar el discurso utilizado en lo ambiental y poner al descubierto lo que se promueve en lo productivo para sopesar estas dos visiones a través de la biogeografía, dando valor a las amenazas y los peligros, las necesidades económicas y el daño ambiental analizando lo que mueve las políticas que se siguen en la actualidad y las necesidades que se cubren.

Las sociedades modernas asumen los daños ambientales como un pasivo ambiental para su calidad de vida. Esta visión económica genera vulnerabilidad agro-ecosistémica como lo plantea León, Córdoba y Pradilla (2014), estos autores aconsejan ir más allá de lo físico, e involucrar las sociedades en los temas ecológicos.

Análisis transversal desde lo productivo a lo ambiental, en ese sentido cuando se aplica un enfoque biogeográfico se pueden seguir dos líneas de acción identificar la biodiversidad o determinar la resiliencia natural.

La resiliencia que se aplica en las prácticas políticas ambientales se relaciona con los recursos económicos y determina lo que hay que invertir para aumentar la producción o la rentabilidad de las tierras, sin atender la injusticia social, se propende por el mejoramiento de los negocios para unos actores privilegiados llamadas inversores económicos.

No basta con tener presente la historia de la región y las tradiciones, es necesario establecer programas que fomenten la biodiversidad y la economía de los pobladores locales. Se aumenta resiliencia cuando se estimula el aprendizaje social y se fortalece la capacidad para la organización social.

La humedad se constituye como el elemento formativo de los suelos muy importante en compañía de los gradientes de temperatura asociados al relieve; las sabanas se encuentran en la frontera de selvas y en la actualidad se presentan como relictos de bosque.

Entre las especies derivadas de estas condiciones y cambios climáticos está el níspero (*Eriobotrya japónica*), fruta utilizada para los jugos que se disfrutaban en el caribe colombiano. En las partes más secas se encuentra distribuido en abundancia el trupillo (*Prosopisjuliflora*) y el algarrobo (*Ceratonia siliqua*). En condiciones climáticas de humedad intermedia presentes en el municipio de Pivijay la especie arbórea más frecuente es el cañaguatillo (*Tecomaspsectabilis*) en la parte más húmeda de los municipios de Sabanas de San Ángel a Fundación la otra fruta del caribe es la Palma de Corozo (*Bactrisguineensis*) presente en relictos del bosque.

Las estructuras arbóreas más imponentes son: bonga o ceiba (*Ceiba pentandra*), mamón de leche (*Melicoccusbijugatus*), guayacán indio desnudo (*Bursera simaruba*), bija o palo santo (*Bursera graveolens*), naranjuelo (*Crateva tapia*) y jobo (*Spondiasmombin*). El soto bosque alberga varias especies de leguminosas como el ébano (*Caesalpiniaebano*), el dividivi (*Caesalpinia coriaria*), quebrachos (*Schinopsisbalansae*) y tréboles y trepadoras leñosas.

Entre los cultivos transitorios de esta zona del caribe se encuentran: Sandía o patilla (*Citrulluslanatus*), Melón (*Cucumismelo*), Auyama o zapallo (*Cucurbitamoschata*), Ajíes de diferente tipo dulce y picante, Tomate (*Solanumlycopersicum*), Pimentón (*Capsicumannuum*) y principalmente tubérculos como la Yuca (*Manihot esculenta*) y Yame (*Dioscorearotundata*).

Los Cultivos semi permanentes comunes son e Plátano (*Musa paradisiaca*), el Banano (*Musa paradisiaca*) y la papaya (*Carica papaya*)

Los cultivos permanentes importantes para esta cultura caribeña son el marañón o merey (*Anacardiumoccidentale*), mango de azúcar (*Mangifera indica*), aguacate papelillo (*Persea americana*), guandul o frijol de palo (*Cajanuscajan*) y sábila (*Aloe vera*)

Los Cultivos transitorios intensivos como el Algodón (*Gossypiumhirsutum*). Arroz (*Oryza sativa*) y el Ajonjolí (*Sesamumindicum*), se combinan con otros cultivos permanentes arbóreos introducidos recientemente como la palma de aceite (*Elaeisguineensis*), los cítricos como el limón tahití (*Citrus × latifolia*).

Entre las especies agroforestales inventariadas en la zona están caracolí (*Anacardiumexcelsum*), melina arbórea (*Gmelinaarborea*), eucalipto rosado (*Eucaliptus grandis*), eucalipto (*Eucaliptus pellita*), acacia (*Acacia mangium*), teca (*Tectonagrandis*) y ceiba (*Hura crepitans*).

Para sistemas silvopastoriles se identifican Pastos mombaza (*Panicummaximumcv. Mombaza*), king grass (*Pennisetum Purpureum x PennisetumTyphoides*), cuba (*Pennisetum purpureum x Pennisetumglaucum*) y kudzú (*Pueraria phaseoloides*).

La agroforestería como práctica cultural permite la interacción entre cultivos, árboles y sistemas tecnológicos que se combinan en un proceso socioeconómico que puede mantenerse en ecosistemas frágiles, con alta susceptibilidad a la degradación.

La base de los sistemas agroforestales está en el cuidado de las especies naturales y actividades de manejo que sean compatibles con los aspectos sociales y prácticas culturales de la población.

Estos sistemas conllevan armonía entre los procesos productivos y los ambientales la biodiversidad de las tierras se conserva cuando se satisfacen las necesidades humanas sin exceder su capacidad de carga.

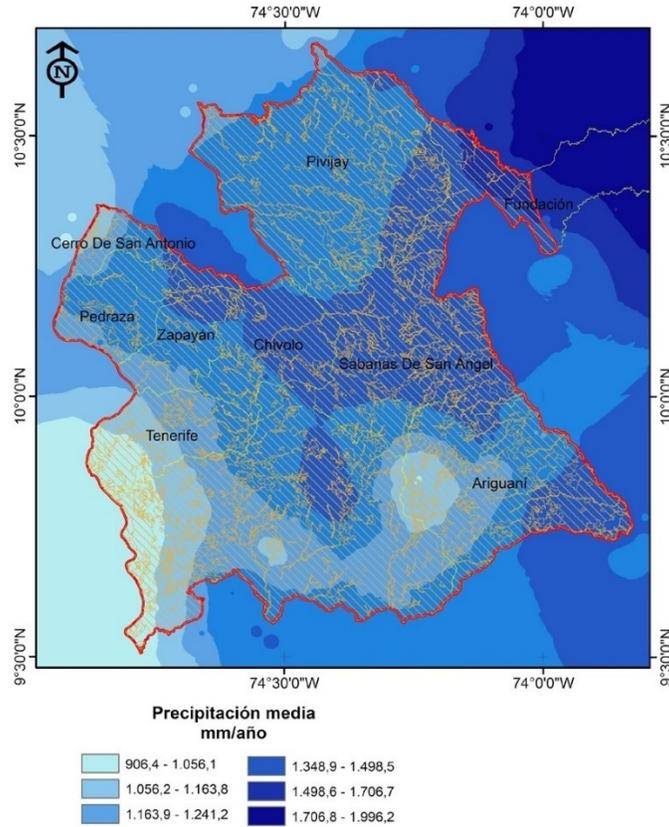
La biodiversidad manifiesta en el uso beneficia el ambiente y las sociedades pueden obtener diversos productos de estas relaciones ecosistémicas tales como madera, alimentos, fibras, gomas y resinas. Las especies madereras introducidas pueden generar beneficios si se combinan en proporciones adecuada con cultivos y pastos y pueden ser un bien natural que permita disipar el impacto de la variabilidad climática por la que pasa la región caribeña.

Superar la capacidad de uso y englobar los usos en una vocación es conducir las tierras a una degradación inducida de las tierras.

## **DISTRIBUCIÓN DE ELEMENTOS CLIMÁTICOS**

La necesidad de representar en el espacio los elementos climáticos precipitación, temperatura, evapotranspiración potencial y el índice de humedad, se presenta como un paso al ordenamiento productivo sostenible de la tierra realizado a partir de metodologías que se aplican en los países latinoamericanos como es la capacidad de uso, adicionándole un componente biogeográfico marcado por la historia del territorio y sus nuevos elementos agropecuarios. Las actividades culturales identificadas en los productos de la tierra tienen variabilidad espacial determinada en un clima único el cálido seco, que a su vez representa un ecosistema único el bosque seco, no obstante, es diverso al interior.

La distribución de la precipitación permite identificar las zonas de mayor condensación de lluvias asociadas a un tipo de paisaje dominante que para el caso es el lomerío (Figura 4). En la figura 4 se observa un núcleo en donde se concentran las precipitaciones más abundantes (1500 y 2000 mm/año), en comparación con las zonas de menor precipitación al suroeste de Tenerife con precipitaciones inferiores a 1100 precisamente donde se acumulan las aguas de escorrentía en ciénagas y humedales.

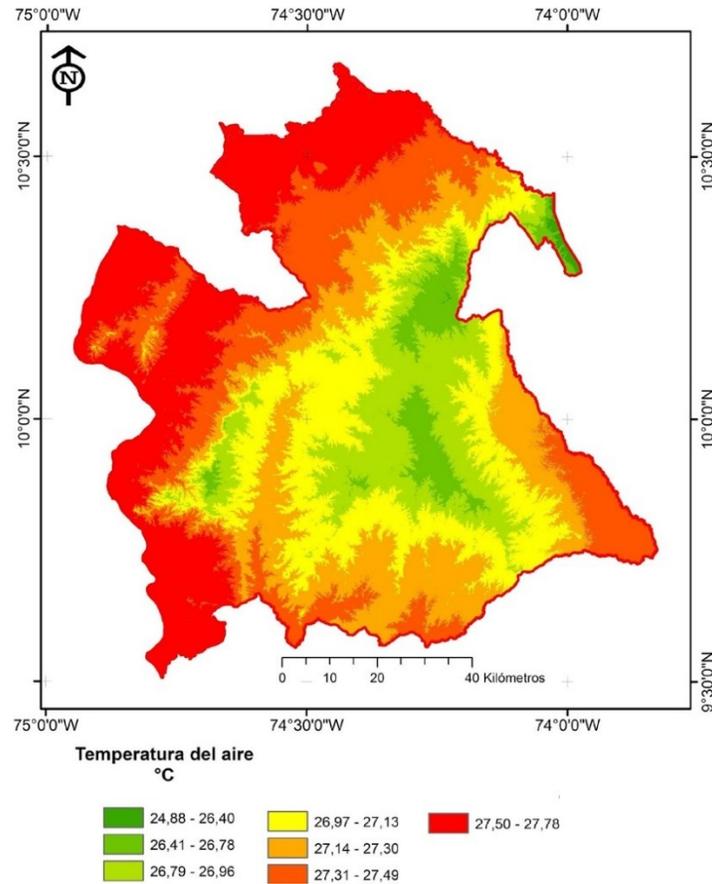


**Figura 4. Distribución espacial de las lluvias en la zona de estudio**

**Fuente: los autores**

El segundo elemento la temperatura del aire se obtuvo de la ecuación 1 producto de la correlación temperatura altitud derivada de las estaciones climatológicas de la zona morfoclimática caribe sector oriental, influenciada por el bloque montañoso de la Sierra Nevada de Santa Marta (Figura 5).

Tal como está establecido en la metodología IGAC (2021c) las tierras de piso térmico cálido superan los 24°C de temperatura promedio anual del aire y de acuerdo con los cambios regionales de altitud en el relieve de lomerío hay una zona central un poco más fresca con valores menores a 26°C y unas zonas cálidas muy cercanas al valor de 28°C en el sector occidental del área de estudio que podría llevar estas tierras a una desecación progresiva si hay un consumo excesivo de agua por el cultivo.

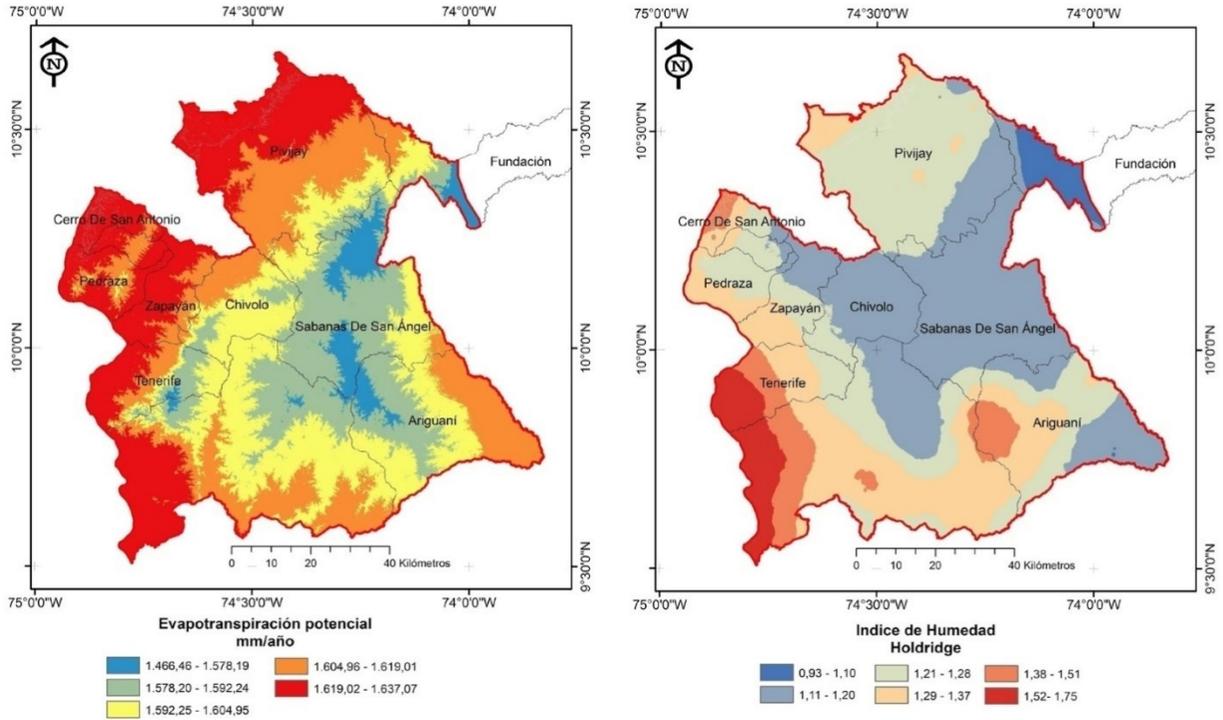


**Figura 5. Distribución de la temperatura del aire**

**Fuente: los autores**

Dos indicadores determinantes del uso son la evapotranspiración y los índices de humedad obtenidos de las ecuaciones 2 y 3 y especialmente de la interpretación del índice de humedad planteado en la capacidad de uso de las tierras en las que se integran los regímenes de humedad ústico y údico como elementos probables para la definición de una clase agrologica 1.

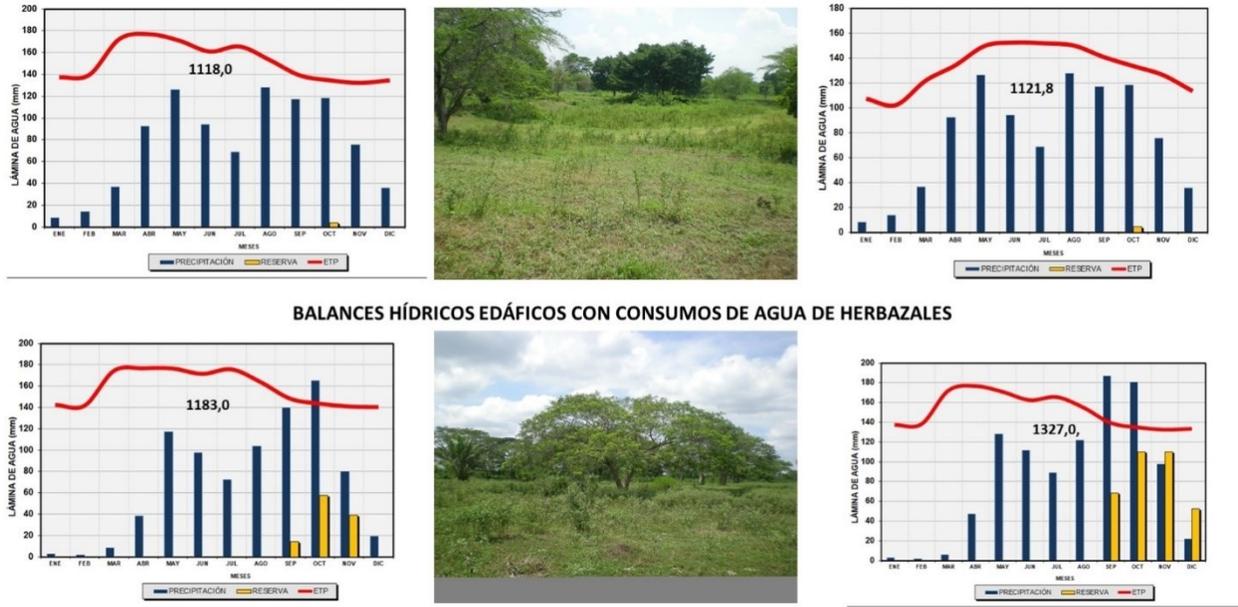
De acuerdo con la figura 6 tanto la evapotranspiración potencial como el índice de humedad guardan algunas similitudes aunque hay mayor claridad en el último que muestra tres estados climáticos derivados del mismo clima cálido seco; se identifica una zona de colores rojos con índices de humedad entre 1,3 y 1,8 muy cercanos a la transición muy seca, un sector intermedio de valores 1,2 y 1,4 con una humedad aceptable y unos índices de humedad menores a 1,2 que indican mayor disponibilidad de agua localizada al centro y el noreste que identifica las tierras con mejor aptitud de uso dentro del clima cálido seco.



**Figura 6. Distribución de la evapotranspiración potencial y el índice de humedad de las tierras**  
Fuente: los autores

La figura 7 indica que los balances hídricos edáficos en suelos idénticos en capacidad de almacenaje (110 mm. de agua) los consumos de herbazales en regiones pluviométricas inferiores a 1122 mm/año de lluvias hay poco o ninguna lámina de agua almacenada en el suelo, mientras que en valores mayores a 1200 mm/año de lluvia hay una mayor función de regulación de agua en el suelo, especialmente en el segundo semestre, lo que muestra una alta fragilidad climática en sectores con menores cantidades de lluvias.

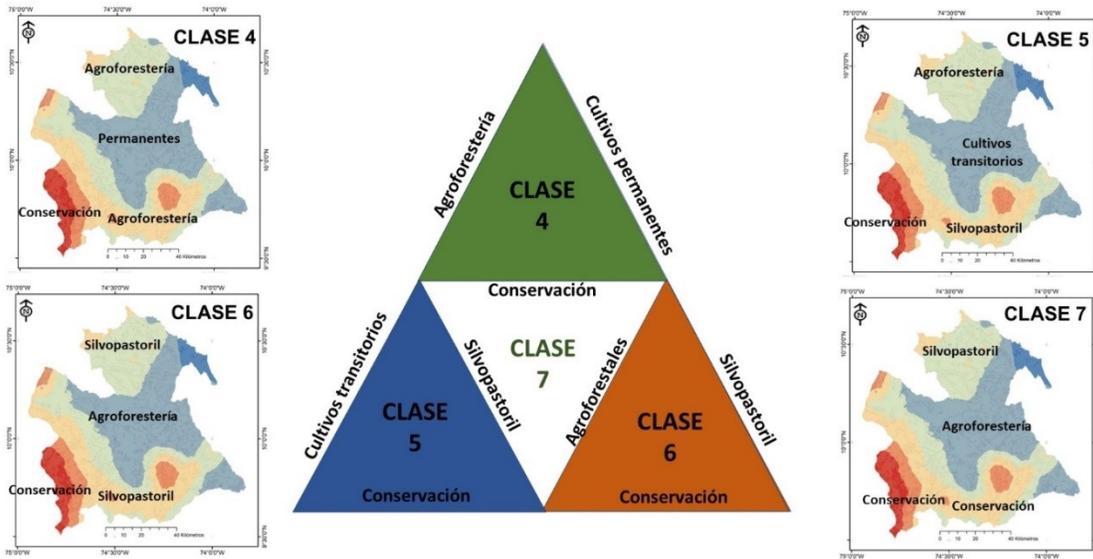
En cuanto a la clase agrológica del sector en estudio las tierras de acuerdo con el levantamiento de suelos de Magdalena (IGAC, 2009), se identificaron las clases agrológicas 3,4,5, 6 y 7; para el presente análisis se hace una simulación para toda el área de estudio asumiendo que hay una clase agrológica para mostrar el funcionamiento del concepto índice de humedad derivado de la zona morfoclimática del caribe sector oriental.



**Figura 7. Balances edáficos en cuatro estaciones que reportan diferentes láminas de lluvia promedio anual para suelos con capacidad de almacenamiento de 110 mm y para coberturas de herbazales.**

Fuente: los autores

En la figura 8 se muestra la misma variabilidad espacial del índice de humedad y se asume que la clase agrológica sugiere un sistema agrícola basado en la biogeografía en el que se incluye la historia de la región y la sociedad que lo habita.



**Figura 8. Definición del sistema agrícola de acuerdo con la clase agrológica y la distribución del índice de humedad de las tierras.**

**Fuente: los autores**

Cada clase agrológica ofrece una triada de sistemas de uso propios de su capacidad ahora valorada desde el índice de humedad de las tierras. Desde la clase 4 que es una clase agrológica marginal al uso agrícola se ofrece una posibilidad de uso con cultivos permanentes que no estaba planteado y que es posible su aplicación en la zona con mayor humedad. En todas las clases agrológicas planteadas de la 4 a la 7 hay un sector que se debe conservar debido al impacto que causaría la desecación de estas tierras, las aguas de escorrentía, es el sector con mayor temperatura y menor índice de lluvias fijan un caudal base.

Las especies endémicas, los cultivos comunes en la zona de estudio, las necesidades de alimentos para cumplir con los requerimientos culturales planteados en la gastronomía caribe, las prácticas culturales producto de la mezcla de varias ocupaciones brindan un atractivo a la región que encuentra solución desde las propuestas comunitarias para el mantenimiento de sus espacios de vida.

**CONSIDERACIONES FINALES**

Las zonas morfoclimáticas permiten mostrar los gradientes de temperatura que son producto de los cambios en el relieve y las características ambientales derivadas de la incidencia de los rayos solares, los vientos dominantes, la orientación de las vertientes y la cercanía a los grandes cuerpos de agua.

A través de la biogeografía y la historia es posible estudiar patrones o modelos de distribución de la diversidad en las sabanas e inferir procesos o mecanismos de planificación del uso que permitan ordenar las tierras de acuerdo con los sistemas productivos.

Los espacios de vida pueden armonizarse con los sistemas productivos para lograr un desarrollo territorial en el que se incluya a las poblaciones locales en el desarrollo de sus territorios.

## **REFERENCIAS**

AGUALIMPIA, Yolima. Caudales de conservación de los ecosistemas fluviales en tramos de los ríos cuja y frío. Tesis de doctorado. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Ciencias Técnicas – CUJAE, 2015.

AGUALIMPIA, Yolima; CASTRO, Carlos. Definición de las zonas morfoclimáticas de Colombia: un aporte a la correlación entre el clima ambiental y el régimen climático del suelo. Agua y ambiente Experiencias y reflexiones frente al desarrollo sostenible y sustentable. En: Colombia ISBN: 978-958-787-038-1 ed: UD, v., p.13 - 30, 2018.

AGUALIMPIA, Yolima; CASTRO, Carlos. Propuesta metodológica para la zonificación climática a diferentes escalas en Colombia, con fines de manejo sostenible del territorio. Fase I. Proyecto de investigación. CIDC Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2019.

ARIZPE, Lourdes; CHÁVEZ, Amescua; LUQUE, José; BAZÁN, Carlos . Migración y cultura en América Latina y el Caribe: bibliografía seleccionada. México, 2007. 197 p.

Banco de la República, Colombia. Presencia árabe en el Caribe Presencia árabe en el Caribe colombiano: Lorica, un estudio de caso, un estudio de caso. Sf. Consultado en <https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/lorica-arabes.pdf>

CASTRO, Carlos; AGUALIMPIA, Yolima; SÁNCHEZ, Fernando. Modelo Climático de los Páramos de la Cordillera Oriental colombiana aplicado a Regímenes de Temperatura del Suelo". En: Perspectiva Geográfica ISSN: 0123-3769 ed: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia v.1 fasc. p.33 - 62, 2016.

CALLEJAS, Hugo; CASTELLANOS, José. Regímenes de temperatura del suelo (Actual y propuesto). En Revista Suelos Ecuatoriales. Volumen XXI, No. 1. 1991. pp 39-50.

CEPAL – Comisión económica para América Latina y el Caribe. América Latina y el Caribe en la era global. Alfaomega Colombiana, 2004. 395 p.

Decreto 2245 de 29 diciembre de 2017 "Por el cual se reglamenta el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 y se adiciona una sección al Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el acotamiento de rondas hídricas", 2017.

ESPINAL, Sigifredo. Zonas de Vida o formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico escala 1:500.000. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1979.

HALFFTER, Gonzalo. La diversidad biológica de Iberoamérica I. CYTED-B. Programa Iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo. México. 1992. 204 p.

FAO. Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas- Estudio y planificación de Cuencas Hidrográficas. Sheng, T. C. Department of Earth Resources. Colorado State University, 1992.

FLÓREZ, Antonio. Relación altitudinal de la temperatura del suelo y del aire en los Andes centrales de Colombia. En Revista: *Atmósfera*. Número 9 de marzo de 1986. Pp 5 – 36.

ESLAVA, Jesús; LÓPEZ, Víctor; OLAYA, Guillermo. Los climas de Colombia (sistema de clasificación Caldas-Lang) en revista *Atmósfera* No. 7. Sociedad Colombiana de Meteorología. Bogotá, marzo de 1986, pp 1-10.

GARZÓN, César. Régimen térmico edáfico. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Tesis de la Facultad de Agrología, 1983, 112 p.

HERNÁNDEZ, Jorge; ROMERO, María; SÁNCHEZ, Heliodoro; SARMIENTO, Guillermo. Sabanas naturales de Colombia. Banco de Occidente. 1994. 280 p.

HOLDRIDGE, Lesley. *Ecología Basada en Zonas de Vida*», 1a. ed. San José, Costa Rica: IICA, 1982.

LEON, Tomás; CORDOBA, Cindy; PRADILLA, Gonzalo. Las dimensiones política y tecnológica de la resiliencia a la variabilidad climática: un enfoque ambiental. Contexto ¿Cambio climático o vulnerabilidad del territorio? 30 – 34 pp. 2014. Disponible en: <file:///I:/2021/ALTOS%20ESTUDIOS/RURALIDADES/LEON%20et%20al.pdf>

IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios ambientales. Documento No. 10. Actividad realizar los ajustes a la evaluación de la capa de clima para la inclusión en la elaboración del mapa de ecosistemas a escala 1:100.000 del área continental del país, según la fase de validación de unidades de ecosistemas y la información disponible. Bogotá, D. C., 2014, 26 p.

IGAC – Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Suelos y Bosques de Colombia. Subdirección Agrológica. Bogotá, 1988, pp 27-31.

IGAC – Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Mapa nacional de suelos de Colombia escala 1:500.000. Bogotá, 2000.

IGAC – Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Magdalena. Subdirección de agrología. Bogotá, 2009. 496 p.

IGAC – Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Mapa de suelos de Colombia. A escala 1:100.000. Bogotá, 2010.

IGAC – Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Suelos y tierras de Colombia. Subdirección de Agrología. Bogotá. Tomos 1 y 2, 2015, (254 p y 854 p).

IGAC – Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Zonificación climática para levantamiento de suelos. Instructivo. Código: IN-GAG-PC05-13. 2021. 21 p.

IGAC – Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Clasificación de las tierras por su capacidad de uso. Metodología Código: IN-GAG-PC02-01. Bogotá, 2021a, 41 p.  
[https://www.igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/in-gag-pc05-02\\_clasificacion\\_de\\_las\\_tierras\\_por\\_su\\_capacidad\\_de\\_uso.pdf](https://www.igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/in-gag-pc05-02_clasificacion_de_las_tierras_por_su_capacidad_de_uso.pdf)

IGAC – Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Elaborar y actualizar áreas homogéneas de tierras con fines multipropósito a escala 1:25.000. Instructivo Código: IN-GAG-PC02-01. Bogotá, 2021b, 58 p. [https://www.igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/in-gag-pc02-01\\_fines\\_multiproposito\\_a\\_escal\\_125.000.pdf](https://www.igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/in-gag-pc02-01_fines_multiproposito_a_escal_125.000.pdf)

IGAC – Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Descripción y muestreo de suelos Instructivo Código: IN-GAG-PC05-05. Bogotá, 2021c, 76 p.  
[https://www.igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/in-gag-pc05-05\\_descripcion\\_y\\_muestreo\\_de\\_suelos.pdf](https://www.igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/in-gag-pc05-05_descripcion_y_muestreo_de_suelos.pdf)

MADR - UPRA Ministerio de Agricultura y desarrollo Rural y Unidad de Planificación Regional Agropecuaria (2018). Identificación General de la Frontera Agrícola en Colombia. Escala 1:100.000. versión 1.0. Bogotá. 61 p.

OMM- Organización Meteorológica Mundial. Tiempo, clima, agua. Guía de prácticas climatológicas. OMM- No. 100. Ginebra, Suiza, 2011, 128 p.

POVEDA, Germán; VÉLEZ, José; MESA, Oscar. Balances Hidrológicos de Colombia, Serie del Posgrado en Recursos Hidráulicos, No. 16, 2000, 150 p.

PULIDO, Carlos; GARZÓN César. Contribución al conocimiento de los regímenes de temperatura en Colombia. En revista Suelos Ecuatoriales. Volumen XVII, No. 2, 1987, pp 106-112.

STANESCU, Silviu; DÍAZ, José. Estudio preliminar de la temperatura del aire en Colombia. Servicio Colombiano de Meteorología e Hidrología (SCMH). Bogotá- Colombia, 1971, 90 p.

TRICART, Jean. Géomorphologie applicable, Masson, Paris, 1978, 204 pp.

---

**Carlos Enrique Castro Méndez**

Doctor (C) en Geografía con el convenio Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Magíster en Geografía del mismo convenio, Especialista en Ordenamiento y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas de la Universidad Santo Tomás. Agrólogo de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, se desempeña en el cargo de profesional especializado en el Grupo Interno de Trabajo de Levantamiento de Suelos y Aplicaciones Agrológicas de la Subdirección de Agrología

OrciD: <http://orcid.org/0000-0003-3125-8349>

Email: [cecastro@igac.gov.co](mailto:cecastro@igac.gov.co)

**Yolima Del Carmen Agualimpia Dualiby**

Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia., Colômbia

OrciD: <http://orcid.org/0000-0002-4262-954X>

Email: [yagualimpia@udistrital.edu.co](mailto:yagualimpia@udistrital.edu.co)

*Artigo recebido em 0/04/2022 e aceito em 02/04/2022*