

Capítulo 4. Determinación de la unidad física homogénea

4.1. Unidad física homogénea

La presente propuesta fue elaborada para determinar la unidad física homogénea (UFH); se parte de analizar dos generalidades:

- La primera de ellas es definir para el territorio nacional qué condiciones climáticas presenta cada región del país, principalmente en relación con la distribución de la precipitación (cantidad de lluvia que cae en determinada región) y la temperatura (que depende de la altitud presente en dicha región), estos dos parámetros inciden en la determinación de los cultivos debido a su relación con el rendimiento y calidad de los productos cosechados.
- La segunda es el suelo en sí, el cual está formado por materiales descompuestos, materia orgánica, aire y agua. El suelo es el producto final de la influencia del tiempo, combinado con el clima, topografía, y organismos tales como: flora, fauna y el ser humano, al igual que, de materiales parentales (rocas y minerales originarios).

Para el proceso de la información de suelos se utilizan criterios tales como la capacidad de laboreo que presenta cada uno de los suelos, condiciones de enraizamiento que nos permite ver el desarrollo óptimo de las raíces de las plantas, disponibilidad de humedad, disponibilidad de oxígeno (las condiciones de aireación en los suelos), disponibilidad de nutrientes (la capacidad que tiene el suelo para aportar a las plantas los nutrientes necesarios para su óptimo desarrollo), toxicidad de los suelos por sales, sodio y aluminio, y la susceptibilidad a la pérdida de suelo.

Como variables tenemos la pendiente que presenta el terreno, la presencia de pedregosidad, la profundidad efectiva (es decir, el espacio en el que las raíces de las plantas pueden penetrar sin mayores restricciones para conseguir el agua y los nutrientes indispensables), el tipo de textura del suelo (suelos arenosos, francos o arcillosos), el drenaje natural (nos indica a que profundidad se encuentra y el tiempo en el que el agua permanece en la superficie del suelo), susceptibilidad a las inundaciones, la acidez (pH), porcentaje de saturación de bases, contenido de carbono orgánico y la capacidad de intercambio catiónico.

A cada una de las variables se les asigna un puntaje de acuerdo al grado óptimo de cada uno de los rangos o clases que presente cada variable de mayor a menor. Así se logra establecer el valor potencial de cada (UFH).

4.1.1. Unidad física homogénea como marco de análisis

Con el fin de establecer el marco general para la determinación de las extensiones correspondientes a las unidades agrícolas familiares (UAF), el presente capítulo desarrolla una propuesta desde el punto de vista estrictamente físico, fundamentado en los efectos combinados entre el clima ambiental y las características «permanentes» de los suelos, y que utiliza un modelo sencillo. Esta propuesta se denomina unidad física homogénea.

Como fue expuesto en el capítulo 1 (1.5. Antecedentes metodológicos), la presente propuesta encuentra su sustento jurídico en el artículo 38 de la Ley 160 de 1994, de acuerdo con el cual los criterios metodológicos para determinar la unidad agrícola familiar se dictan por

zonas relativamente homogéneas, salvo para la determinación del subsidio, cuya unidad de análisis es el predio.

La presente propuesta parte de la necesidad de integración de las múltiples metodologías desarrolladas en esas dos vías: la de la generalidad, entendida a escala «zonal», y la excepcional, entendida a escala «predial». Es decir, la unidad física homogénea se plantea como una nueva metodología funcional a todas las aplicaciones de la UAF, en cuanto herramienta para el acceso a tierras de manera integral, como se expresa en la siguiente figura.

Figura 11. Funcionalidad integral de la UFH



Fuente: Elaboración propia.

La denominación de unidad física homogénea es puramente diferenciadora de propuestas anteriores que involucra criterios y variables estrictamente necesarios, y que además pretende trabajar a escala submunicipal y no departamental, como han sido abordadas las ZRH hasta el momento.

En este sentido, es preciso iniciar señalando que hasta hoy los diferentes abordajes de las zonas relativamente homogéneas se han caracterizado por:

- Representar aspectos similares en condiciones agrológicas, fisiográficas y socioeconómicas.
- Destacar los suelos, clima, vegetación, fauna, recursos hídricos e infraestructura vial y su interrelación con el entorno socioeconómico y ambiental.
- Combinar en igual medida los factores físicos y los factores socioeconómicos.

- La relativa homogeneidad se expresa en la intersección de las zonas biofísicas y las zonas socioeconómicas.
- Haberse definido a escala departamental o regional.

Por su parte, los diferentes abordajes metodológicos desde la escala predial se han caracterizado por:

- Estar orientados a reconocer las características agrológicas y la capacidad productiva de cada predio, para lo cual requerían realizar un análisis social, ambiental, técnico y económico con referentes territoriales.
- Definir aptitud productiva de cada predio.
- Tener que realizar consultas técnicas sobre características edafológicas de la zona al IGAC de manera individualizada dependiendo de los predios atendidos (mapas, unidad cartográfica, perfil).
- Requerir la observación directa del subsuelo, así como la toma de muestras y la realización de ensayos *in situ* del suelo en cada predio.

La delimitación espacial de las unidades físicas homogéneas es eminentemente física. Se proponen como el método para referenciar la información productiva y para vincular los resultados económico-financieros a su localización geográfica específica.

Como se describe en el capítulo 3 de este documento, los factores socioeconómicos son dinámicos, en comparación con los elementos físicos del territorio que se entienden más permanentes a lo largo del tiempo, al menos desde el punto de vista climático, cuyos cambios son percibidos en periodos relativamente amplios. Adicionalmente, los análisis socioeconómicos para una metodología de UAF de referencia municipal y no predial, se realizan a escala local o regional, dependiendo del nivel de desagregación de la fuente de información.

Este marco geográfico de análisis, está constituido por unidades diferenciadas físicamente a nivel submunicipal¹³ y cada una de ellas agrupa un conjunto de predios bajo características similares; predios a los que podrá luego atribuírseles información productivo-económica y será posible aplicar criterios de producción agropecuaria continua y homogénea. Es decir, las unidades físicas son el marco de georreferencia para la información productiva e información económica como acontece en los mercados agropecuarios.

Para ello, se ha calculado la superficie nacional y se han evidenciado los resultados en el total de unidades físicas presentes a nivel municipal, a fin de que orienten los procesos de

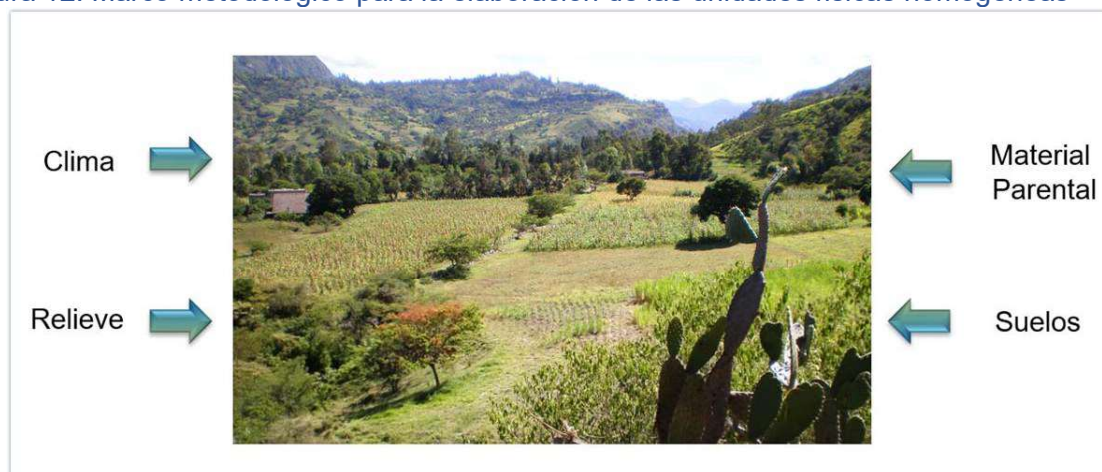
¹³ En cuanto a lo submunicipal no se hace referencia a categorías de división político-administrativas o de construcción social existentes, sino a los conjuntos de datos de variables físicas: climáticas y edáficas que se agrupan al interior de un municipio bajo criterios de homogeneidad.

implementación metodológica en todos los municipios donde la ANT avance el cálculo de UAF y cuyo proceso de determinación se expone a continuación.

4.2. Definición de la unidad física homogénea

Es un tipo de unidad que presenta condiciones climáticas y edáficas similares, que expresan la capacidad de la tierra por medio de un valor potencial (Figura 12).

Figura 12. Marco metodológico para la elaboración de las unidades físicas homogéneas



Fuente: Elaboración propia.

- **Importancia del clima y del suelo en la unidad física homogénea**

El clima influye positiva o negativamente en el desarrollo de las plantas, es un factor crucial para la producción de los cultivos en todos sus componentes, incluyendo las áreas donde se desarrollan éstos y la intensidad de la producción de los mismos, ya que los parámetros climáticos como precipitación, temperatura, humedad relativa y brillo solar, entre otros, inciden en la determinación de los cultivos debido a su relación con el rendimiento y calidad de los productos cosechados

El suelo es un escenario natural cuyas características definen actividades antrópicas, especialmente agrícolas, pecuarias y forestales. (FAO, Portal de Suelos de la FAO, 2020) lo define como:

un cuerpo natural que consiste en capas de suelo (horizontes del suelo) compuestas de materiales de minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua. El suelo es el producto final de la influencia del tiempo y combinado con el clima, topografía, organismos (flora, fauna y ser humano), de materiales parentales (rocas y minerales originarios).

El suelo es un componente esencial de a) la tierra y b) los ecosistemas. Ambos son conceptos amplios que abarcan la vegetación, el agua y el clima.

4.2.1. Supuestos de la unidad física homogénea

Son las premisas en las que se basan los razonamientos lógicos. Entre estos supuestos de la unidad física de análisis se tienen los siguientes:

- Es producto de un geoproceso que cuenta con rigurosidad y consistencia técnica.
- Es un modelo sencillo y no parte de una metodología elaborada, sino que involucra criterios y variables estrictamente necesarios (modelo parsimonioso).
- Parte de variables explicativas exógenas-externas al modelo.
- Evita la sobreidentificación de criterios y variables explicativas.
- Control relativo sobre el tamaño de la unidad y el resultado de la combinación de variables.
- Aporta información de mayor detalle en una escala intermedia, para contribuir a orientar decisiones a escala predial.
- Reconoce la diversidad territorial a una escala submunicipal.
- Logra la estandarización del procedimiento de manera eficiente y rigurosa.
- Deriva en un procedimiento general que no admite decisiones desde el punto de vista subjetivo.
- Pensada bajo criterios de ordenamiento social de la propiedad, incluso, ordenamiento territorial.

4.2.2. Criterios de definición

Teniendo en cuenta que los criterios son reglas para adoptar una determinación o una decisión respecto de una cosa, se tienen en cuenta para esta definición los siguientes:

- Se fundamenta en los efectos combinados del clima ambiental y las características permanentes de los suelos.
- Existe algún tipo de correlación entre variables, como por ejemplo la que existe entre la acidez (pH), saturación de bases, carbono orgánico y capacidad de intercambio catiónico, permite conocer la disponibilidad de nutrientes en el suelo.
- Una fuente de agua cierta es cada vez más importante para la productividad y sostenibilidad de las actividades agropecuarias.
- La disponibilidad de humedad en las plantas presenta una influencia determinante en los procesos fisiológicos como su crecimiento y desarrollo, por esto la importancia de conocer las condiciones de humedad que presenta una determinada región, para realizar los estudios de planificación agrícola, zonificación, entre otros. El índice de disponibilidad de humedad (IDH) establece las condiciones de humedad en que se encuentra el suelo.
- Se considera conveniente la clasificación de la pendiente a partir del modelo digital de elevación.
- Pendientes del relieve entre 50 %-75 % constituyen severas limitaciones para la producción agropecuaria, pero, además, se identifican las superiores a 75 %.
- Da por supuesto que un distrito de riego en funcionamiento en la UAF mejorará las condiciones de producción de la misma, por eso se incluye esta información como caracterizadora.
- No busca realizar evaluación de tierras con fines agropecuarios para tipos de utilización de la tierra (TUT) específicos.
- Las UAF se puede evaluar desde dos condiciones conceptuales: climáticas y edáficas, las cuales se pueden ampliar con otras variables, siempre y cuando exista la información oficial para su análisis.

- El proceso digital sobre la capa geográfica resultante se generalizó con aquellos polígonos que no cumplían con el área mínima de mapeo a la escala 1:100.000, que fue establecida en 25 hectáreas.

4.2.3. Requerimientos físicos

Las características físicas de los suelos son de gran importancia para definir las unidades físicas homogéneas, ya que, a través del estudio de sus variables, se pueden determinar estas unidades en un espacio geográfico.

Esta condición se puede estudiar desde dos condiciones: climáticas y edáficas, las cuales se pueden ampliar con otras, siempre y cuando exista la información oficial para su análisis.

4.2.3.1. Requerimientos climáticos

Los requerimientos climáticos son el conjunto de elementos o propiedades del sistema climático (definidas como variables) que interactúan entre sí en las capas inferiores de la atmósfera, lo cual afecta directamente la fisiología de las plantas (UPRA, 2013; FAO, 1976).

- **Obtención de rangos del requerimiento climático**

Como indicadores de las condiciones climáticas se seleccionaron el índice de disponibilidad de humedad para los cultivos (IDHc) y la temperatura media anual. Las variables que se han tenido en cuenta en la evaluación de las condiciones climáticas se describen a continuación:

a. Índice de disponibilidad de humedad para los cultivos (IDHc)

Es un indicador de la medida de déficit y exceso hídrico en función de la relación del desarrollo de los cultivos (Tabla 19).

Tabla 19. Rangos y puntaje para calificar el índice de disponibilidad de humedad para los cultivos

Rangos del índice	Puntos
0,77 - 0,99	10
0,6 - 0,77	5
0,4 - 0,6	-8
< 0,4	-10
> 0,99	-5

Fuente: Elaboración propia.

b. Temperatura media anual

Medida del estado térmico del aire con respecto a su habilidad de comunicar calor a su alrededor; depende principalmente de la latitud y la altitud, y se toma generalmente como un índice de balance calórico, expresado en grados centígrados (Ideam, 2005) (Tabla 20).

Tabla 20. Rangos y puntaje de la temperatura media anual

Rangos en °C	Puntos
6 - 12	-5
12 - 18	0
18 - 24	0
> 24 - < 28	0
< 6	-15
> 28	0

Fuente: Elaboración propia con equipo especializado en aspectos climáticos de la Dirección de Uso Eficiente del Suelo UPRA.

4.2.3.2. Requerimientos edáficos

En cuanto cuerpo natural y complejo, el suelo tiene vital importancia en la supervivencia y desarrollo de las especies vegetales, las cuales dependen de las características de este (UPRA, 2013). Los requerimientos edáficos para esta metodología están soportados por los siguientes criterios y variables:

a. Capacidad de laboreo

La capacidad de laboreo es la facilidad o dificultad que un terreno presenta en su preparación o adecuación para establecer un cultivo (UPRA, 2013). Para este criterio se establecen las siguientes variables:

- **Pendiente**

Es la inclinación de un terreno respecto a un plano horizontal que pasa por su base. Se expresa como un gradiente calculado en grados sexagesimales, centesimales o porcentaje y, en términos trigonométricos, corresponde a la tangente del ángulo formado entre el declive y su correspondiente horizontal (UPRA, 2013).

En la metodología se evalúa por el gradiente de la pendiente, expresado en porcentaje. Su evaluación se relaciona con la facilidad o dificultad que se presentan en la mecanización y labores culturales en las tierras (Tabla 21). Se parte de un valor inicial igual para todos y posteriormente se hace una corrección por medio de una constante (k).

Tabla 21. Gradiente de la pendiente y su puntaje

Gradiente pendiente en %	Símbolo	Puntos
1 - 3	a	10
3 - 7	b	10
7 - 12	c	10
12 - 25	d	10

Gradiente pendiente en %	Símbolo	Puntos
25 - 50	e	10
50 - 75	f	10
> 75	g	10

Fuente: Elaboración propia a partir de gradientes de IGAC (2014a).

- **Pedregosidad**

La pedregosidad tiene relación con partes de fragmentos mayores a las gravas (0,045 m de diámetro) sobre la superficie del suelo y dentro del perfil, según la cantidad, el tamaño y el espaciado. En los estudios de suelos aparecen cartografiados como fases pedregosas. Dependiendo de la cantidad de fragmentos, se disminuye el área útil por unidad de superficie y puede llegar a impedir el uso de maquinaria y de implementos agrícolas (UPRA, 2013). Las clases de pedregosidad y sus puntajes se presentan en la Tabla 22.

Tabla 22. Clases de pedregosidad y puntajes para capacidad de laboreo

Clase y características	Puntos
<p>No pedregoso</p> <p>Sin piedras, o con muy pocas piedras que no interfieren con el cultivo. Las piedras cubren < 5 % del área.</p>	0
<p>Pedregoso</p> <p>El uso de maquinaria pesada es impedido por la presencia de piedras que imposibilitan las labores requeridas por los cultivos, pero el suelo puede prepararse para siembra de cultivos permanentes o semipermanentes, forrajes o pastos mejorados.</p> <p>Los fragmentos de roca cubren entre el 35 y 75 % del área.</p>	- 15

Fuente: Elaboración propia a partir de Clases, IGAC (2019).

b. Condiciones de enraizamiento

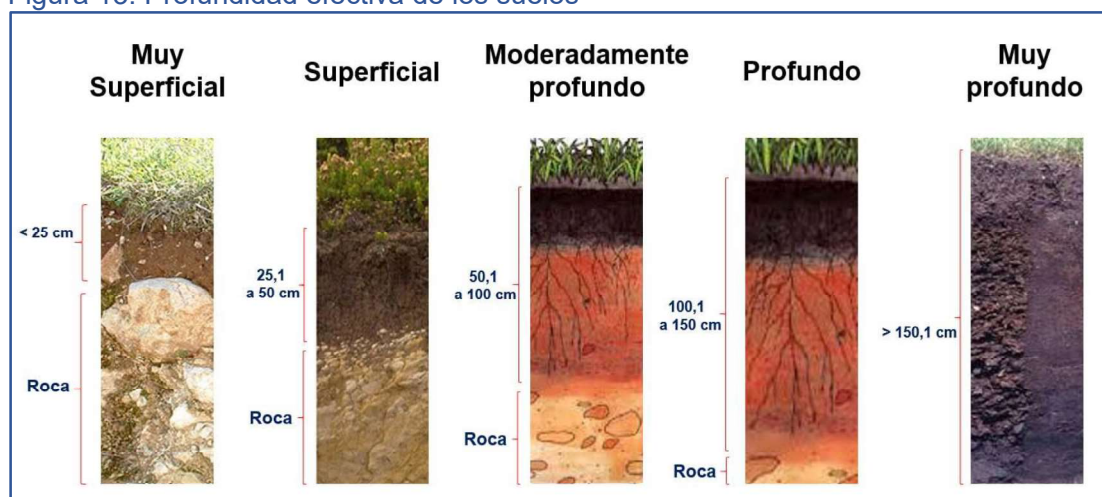
Características físicas del suelo que permiten el desarrollo óptimo de las raíces de las plantas. Tienen relación con la profundidad efectiva del suelo, es decir, la profundidad hasta donde penetran las raíces sin obstáculo, con el tipo de textura y con el contenido de fragmentos de roca. En la medida en que las raíces pueden explorar mayor volumen de suelo, mayores son las posibilidades de las plantas para abastecerse de agua y nutrientes (UPRA, 2013).

- **Profundidad efectiva**

Es el total de la profundidad del perfil del suelo favorable para el desarrollo de las raíces. También se entiende como profundidad radicular, es decir, el espacio en el que las raíces de las plantas

pueden penetrar sin mayores restricciones para conseguir el agua y los nutrientes indispensables (UPRA, 2013) (Figura 13).

Figura 13. Profundidad efectiva de los suelos



Fuente: Elaboración propia a partir de clases de profundidad, (IGAC, 2014a).

Todo impedimento físico y/o químico que se ubique entre estos límites disminuirá la capacidad de crecimiento como de almacenamiento de humedad en forma proporcional al espesor efectivo del suelo (IGAC, 2019). Los rangos de requerimiento de esta variable se pueden ver en la Tabla 23.

Tabla 23. Clases de profundidad efectiva y puntajes

Clases y profundidad	Puntos
Muy Superficial (< 25 cm)	2
Superficial (25,1 - 50 cm)	4
Moderadamente Profunda (50,1 - 100 cm)	8
Profunda (100,1 - 150 cm)	10
Muy profunda (> 150,1 cm)	10

Fuente: Elaboración propia a partir de clases de profundidad (IGAC, 2014a).

- **Textura**

Es una proporción relativa en que se encuentran, en una masa de suelo, varios grupos de granos individuales asociados por tamaño. Se refiere específicamente a las proporciones relativas de las partículas o fracciones de arena, limo y arcilla en la fracción fina del suelo, es decir, en la tierra tamizada y con diámetro inferior a 2 mm (UPRA, 2013). La obtención de los rangos para esta variable se presenta en la Tabla 24.

Tabla 24. Clases texturales y puntajes para la capacidad de laboreo

Clases texturales	Puntos
Arenosa, Gruesa	-10
Franco Arenosa, Franco Arcillosa (Gr*), Franco arcillo arenosa (Gr), orgánico	6
Franca, Franco Limosa, Media	10
Franco arcillosa, Franco arcillo arenosa, Franco arcillo limosa, Franca (Gr)	8
Franco Arenosa (Gr), Arenosa Franca	4
Arcillosa, Arcillo arenosa, Arcillo limosa y fina	7
Arcillosa (Gr)	5

* Gr: gravillosa.

Fuente: Elaboración propia a partir de clases (IGAC, 2014a)

c. Disponibilidad de humedad

Capacidad que tienen los suelos para aportar agua aprovechable para las plantas en cantidades suficientes para su desarrollo. Se relaciona con el contenido y movimiento interno del agua en el suelo y con la posibilidad de retención de humedad durante el año, la cual depende a su vez de las clases texturales de los suelos y de los regímenes pluviométricos (UPRA, 2013).

• Régimen de humedad

Se refiere a la presencia o ausencia ya sea de un manto freático o al agua retenida a una tensión menor de 1500 kPa en el suelo, o en horizontes específicos, por periodos del año (UPRA, 2013). Los rangos para esta variable con su respectivo puntaje se pueden ver en Tabla 25.

Tabla 25. Clases de régimen de humedad y su puntaje

Régimen	Puntos
Údico	15
Ústico	8
Ácuico	5
Perúdico	8
Arídico	-15

Fuente: Elaboración propia a partir de clases (IGAC, 2014a)

Las características diagnósticas para los regímenes de humedad, según (IGAC, 2014a), son las siguientes:

- **Ácuico:** El suelo está saturado con agua por lo menos unos pocos días, en un ambiente virtualmente libre de oxígeno disuelto porque está saturado por agua o por el agua del borde capilar.
- **Perácuico:** El suelo está saturado con agua la mayor parte del año.
- **Údico:** Suelo no seco en ninguna parte de la sección control por más de 90 días acumulativos por año.

- **Perúdicico:** Se presenta en climas donde la precipitación supera la evapotranspiración en todos los meses en años normales, la tensión de humedad raramente alcanza 100 kPa en la sección de control de humedad del suelo, aunque hay breves periodos ocasionales, cuando se utiliza un poco de humedad almacenada. El agua se mueve a través del suelo en todos los meses.
- **Ústico:** Suelo húmedo en un periodo de tiempo tal que las condiciones son propicias para el crecimiento de las plantas. La sección de control está seca por más de 90 o más días acumulativos por año. Pero la sección control de humedad es húmeda en alguna parte durante más de 180 días acumulativos por año o durante 90 o más días consecutivos.
- **Árido:** a) Seco en todas sus partes para más de la mitad de los días acumulativos por año, cuando la temperatura del suelo a una profundidad de 50 cm es mayor de 5 °C. b) La humedad en alguna o en todas sus partes no ocurre en periodos tan largos como 90 días consecutivos cuando la temperatura del suelo a una profundidad de 50 cm es mayor de 8 °C.

d. Disponibilidad de oxígeno

Cualidad del suelo que indica las condiciones de aireación del suelo. Cuando el suelo está libre de saturación de agua, los poros del suelo permiten la libre circulación del CO₂ hacia la atmósfera y la entrada del oxígeno del exterior para ser absorbido por las plantas (UPRA, 2013). Como variables para este criterio se tienen las siguientes:

- **Drenaje natural**

Profundidad y el tiempo en el que el agua permanece en la superficie del suelo; también se asocia a la remoción natural del exceso de agua acumulada sobre la superficie y a lo largo del perfil de suelo (UPRA, 2013). El drenaje natural combina el drenaje interno y externo del suelo, tiene en cuenta la relación entre pendiente, escorrentía e infiltración y las evidencias de procesos de óxido-reducción y colores gley; también de la profundidad a la cual aparece el nivel freático (Cortés y Malagón, 1984). En (IGAC, 2014a) se consideran las siguientes clases de drenaje natural:

- **Muy pobremente drenado:** El agua se elimina tan lentamente del suelo, que permanece en la superficie o muy cerca de ella por largos periodos, en sectores de relieve cóncavo. Los rasgos redoximórficos (predominio de colores grises en la matriz del suelo y/o moteados) comienzan desde la superficie del suelo. En algunos sectores puede ocurrir vegetación hidrófita. La humedad excesiva impide el desarrollo de cultivos mesofíticos (aquellos que se desarrollan en ambientes intermedios entre seco y ácuico).
- **Pobremente drenado:** El suelo permanece húmedo desde la superficie, durante una gran parte del periodo de crecimiento de los cultivos que impiden su normal desarrollo. Hay colores grises y/o moteados entre los 25 cm y los 50 cm de profundidad. Esta clase de drenaje se debe a un nivel freático alto, la presencia de una capa poco permeable, la conductividad hidráulica lenta o a la combinación de estas condiciones.
- **Imperfectamente drenado:** Los suelos permanecen húmedos por periodos prolongados durante la fase de crecimiento de los cultivos. Los colores grises y/o los moteados ocurren entre los 50 cm y los 75 cm de profundidad. Los suelos generalmente tienen una capa poco permeable, un nivel freático alto, reciben agua adicional por infiltración o presentan una combinación de estas condiciones. Los cultivos mesofíticos están restringidos, a menos que se establezcan sistemas de drenaje.

- **Moderadamente bien drenado:** El suelo permanece húmedo por periodos cortos durante el año. Generalmente, tiene una capa lentamente permeable, un nivel freático moderadamente superficial, fluctuante; recibe aguas de infiltración o presenta una combinación de estas condiciones.
- **Bien drenado:** El agua se elimina del suelo con facilidad, pero no con rapidez. El nivel freático es profundo o muy profundo, aunque puede permanecer dentro de los 100 cm de profundidad por periodos cortos de tiempo. Los suelos se encuentran libres de rasgos redoximórficos. En regiones húmedas el agua está disponible durante toda la fase de crecimiento de los cultivos.
- **Moderadamente excesivo:** El agua es eliminada rápidamente del suelo. La presencia de nivel freático es muy rara o se encuentra muy profundo. Los suelos comúnmente son de texturas moderadamente gruesas, con alta conductividad hidráulica o son muy superficiales, limitados por roca y en pendientes fuertes.
- **Excesivamente drenados:** El agua se elimina del suelo muy rápido. Generalmente son suelos de texturas gruesas o muy gruesas, tienen alta conductividad hidráulica, o son muy superficiales, limitados por roca y en pendientes fuertes o tienen una combinación de las características citadas.

La calificación de estos indicadores se define de acuerdo con la profundidad donde se presenten las huellas redoximórficas dentro del perfil (Figura 14).

Figura 14. Clasificación del drenaje natural



Fuente: Elaboración propia a partir de clases (IGAC, 2014a).

De acuerdo con lo anterior, en la Tabla 26 se muestran las clases y el puntaje correspondiente.

Tabla 26. Clases de drenaje natural y puntajes

Clase de drenaje	Puntos
Bien	10
Moderado	8
Imperfecto	3
Excesivo	2
Pobre	1
Muy pobre	0

Fuente: Elaboración propia a partir de clases (IGAC, 2014a).

- **Susceptibilidad a inundaciones**

La inundación es causada por el ascenso del nivel de las aguas, ya sea de una corriente hídrica o de aguas confinadas a sectores que normalmente están secos. El encharcamiento se da cuando el nivel de las aguas causantes se retira y el agua no drena, sino que permanece en el lugar. Este ocurre en zonas cóncavas a los lados de las corrientes hídricas (bazines o cubetas) y en áreas depresionales de las partes altas (bajos o depresiones) (UPRA, 2013). Esta variable se evalúa por la duración de las inundaciones de acuerdo con la Tabla 27.

Tabla 27. Clases por duración de las inundaciones y puntajes a restar

Clase	Descripción	Puntaje
No hay		0
Cortas	De 2 a 7 días	- 3
Largas	De 7 a 30 días	- 5
Muy largas	De 30 a 90 días	-10

Fuente: Elaboración propia a partir de clases (IGAC, 2014a).

- e. **Disponibilidad de nutrientes**

Es la capacidad o potencialidad que tienen los suelos de aportar a las plantas los nutrientes necesarios para su óptimo desarrollo. Contiene las variables que inciden en el aporte y almacenamiento de los nutrientes y está relacionada directamente con los contenidos en el suelo de los elementos mayores y menores (UPRA, 2013).

- **Acidez**

La acidez (pH) es el logaritmo negativo de la actividad de iones H^+ en la solución o suspensión del suelo (UPRA, 2013). Un suelo ácido será aquel que tiene una concentración de iones H^+ mayor de 10^{-7} o, lo que es lo mismo, un pH menor de 7. Sin embargo, la acidez del suelo como limitante para el desarrollo de las plantas, por su influencia sobre la disponibilidad de nutrientes y concentración de sustancias tóxicas, solo adquiere importancia cuando el pH es menor de 5,5. Esto ha sido demostrado por muchos investigadores (IGAC, 1979). Se califica según la Tabla 28.

Tabla 28. Rangos de pH y puntajes

Rango pH	Puntajes
6,1 - 7,3	10
5,6 - 6,0	8
5,1 - 5,5; 7,4 - 7,8	4
4,6 - 5,0; 7,9 - 8,4	0
$\leq 4,5; \geq 8,5$	-2

Fuente: Elaboración propia a partir de rangos (IGAC, 2014a).

- **Saturación de bases**

Es la suma de las bases cambiables (calcio, magnesio, potasio y sodio), expresada como porcentaje de la capacidad total de intercambio catiónico. El porcentaje de acidez intercambiable (aluminio e hidrógeno) corresponde al complemento del 100 %. El pH es directamente proporcional al porcentaje de saturación de bases, excepto cuando los materiales de origen de los suelos son diferentes (Fassbender, 1987). Los siguientes son los rangos para calificar la saturación de bases (Tabla 29).

Tabla 29. Rangos para calificar la saturación de bases y puntaje

Rango saturación de bases (%)	Puntajes
>70	10
>51 - 70	10
36 - 50	5
10 - 35	3
5 – 10	0
<5	0

Fuente: Elaboración propia a partir de rangos (IGAC, 2014a).

- **Carbono orgánico**

Según la UPRA (2019), es el principal elemento que forma parte de la materia orgánica del suelo, por esto es común que ambos términos se confundan o se hable indistintamente de uno u otro. La materia orgánica del suelo es el conjunto de residuos orgánicos de origen animal o vegetal que están en diferentes etapas de descomposición, que se acumulan en la superficie y dentro del perfil del suelo (Rosell, 1999; citado por Martínez y Fuentes, 2008). Además, incluye una fracción viva (biota) que participa en la descomposición y transformación de los residuos orgánicos (Aguilera, 2000; citado por Martínez y Fuentes, 2008). Para calificar el carbono orgánico dependiendo del clima se establecen los siguientes rangos y puntajes (Tabla 30).

Tabla 30. Rangos y puntajes para evaluar el carbono orgánico

Clima frío	Rango	≤ 1,3	1,4-2,6;> 10	2,7-4,0;8,1-10	4,1-5,2;8,0-6,6	5,3-6,5
	Puntaje	0	4	6	8	10
Clima medio	Rango	≤ 0,5	0,6-1,7> 7,6	1,8-2,9;6,5-7,6	3,0-4,1;5,4-6,5	4,2-5,3
	Puntaje	0	3	8	10	10
Clima cálido	Rango	< 0,2	0,2-0,5	0,51-1,7	1,71-2,9	≥3,0
	Puntaje	0	0	3	5	10

Fuente: Elaboración propia a partir de rangos (IGAC, 2014a).

- **Capacidad de intercambio catiónico**

De acuerdo con la UPRA (2019), la capacidad de intercambio catiónico (CIC) mide la capacidad del suelo para retener e intercambiar cationes (calcio, magnesio, potasio, cobre, zinc, hierro, manganeso, amonio), algunos de los cuales son necesarios para la nutrición de las plantas y regularización de la disponibilidad de nutrientes. Se expresa en cmol/kg suelo (Tabla 31).

Tabla 31. Rangos y puntajes para evaluación de la CIC

Rango capacidad de intercambio catiónico	Puntajes
> 20	5
16 - 20	4
11 - 15	3
05 - 10	2
< 5	1

Fuente: Elaboración propia a partir de rangos (IGAC, 2014a).

f. Toxicidad por sales, sodio y aluminio

Cuando los elementos que son necesarios para el desarrollo de la mayoría de las plantas se encuentran en concentraciones mayores de las requeridas, pueden llegar a ser tóxicos, como es el caso de los micronutrientes (hierro, manganeso, cloro, zinc y níquel), las sales (cloruros, sulfatos, bicarbonatos, carbonatos, nitratos), la saturación del catión sodio y la saturación de aluminio.

En el ámbito de los suelos colombianos, tiene gran importancia en suelos ácidos de clima húmedo la presencia de altas saturaciones de aluminio, y en suelos básicos, generalmente de climas secos, las altas concentraciones de sales y de sodio (UPRA, 2013).

- **Salinidad o sodicidad**

El contenido de sales solubles o sodio intercambiable en zona radicular. El contenido de sales se determina normalmente en términos de la conductividad eléctrica, pero puede expresarse con cantidad o porcentaje de sales en el suelo, como también cantidad de aniones en la fracción de cambio. El sodio se determina como el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) (UPRA, 2013). Según el IGAC (2014), los suelos salinos y/o sódicos son aquellos que contienen sales solubles y/o sodio intercambiable que los hacen inadecuados para el normal desarrollo de la mayoría de los cultivos.

Muchas plantas resisten la salinidad del suelo; por este motivo, se consideran como limitantes los contenidos de sales superiores a 0,35 %. En algunos casos las sales se pueden eliminar mediante lavado del suelo. Contenidos de saturación de sodio intercambiable (PSI) superiores al 15 %, o una relación de adsorción de sodio RAS mayor de 13 limitan la profundidad efectiva del suelo; no obstante, esta limitación se puede corregir mediante sustitución del sodio intercambiable por otras sales, que posteriormente se eliminan por lavado.

De acuerdo con el IGAC (2019), los grados de salinización son los siguientes:

- Muy ligero: suelos que no presentan ningún efecto salino sobre el crecimiento de las plantas.
- Ligero: suelos con leve efecto salino sobre el crecimiento de las plantas.
- Moderado: suelos con moderado efecto salino sobre el crecimiento de las plantas.
- Severo: suelos con alto efecto salino sobre el crecimiento de las plantas.
- Muy severo: suelos con muy alto efecto salino que causan disminución en el rendimiento de los cultivos.

En la Tabla 32, se puede ver la evaluación y los puntajes correspondientes a los grados de salinización en los suelos.

Tabla 32. Grados de salinización

Grado de salinización	C.E. mmhos/cm =dS/m	Puntos
No hay	< 2	0
Leve	2 a 4	- 1
Moderada	4,1 a 8	- 2
Muy alta	> 16	- 5

Fuente: Elaboración propia a partir de grados IGAC (2014a).

En la Tabla 33, se puede ver la evaluación y los puntajes correspondientes a la clasificación por sodio.

Tabla 33. Clasificación de la sodicidad

Clasificación	Puntos
No hay	0
Sódico	-5
Salino sódico	-10

Fuente: Elaboración propia a partir de clasificación IGAC (2014a).

- **Saturación de aluminio**

Relación porcentual entre el aluminio del complejo de cambio y la acidez total. La saturación de aluminio del suelo hace referencia a la acidez debida al ion aluminio (Al^{+3}), abundante en suelos ácidos con pH menor de 5,5, el cual afecta el desarrollo de las plantas, inhibe la división celular, causa deficiencias de fósforo e impide la absorción del calcio, magnesio y potasio. Se ha establecido que, cuando se encuentra menos de 1 ppm de Al^{+3} en la solución del suelo, la saturación es menor al 60 % y no hay efecto tóxico en las plantas de tolerancia moderada al Al; cuando es mayor a 60 %, la concentración de Al en la solución del suelo aumenta rápidamente (Cortés y Malagón, 1984).

Es la proporción de Al^{+3} en el complejo de cambio y en la solución del suelo. Corresponde a la acidez intercambiable: se debe a los iones Al^{+++} y H^+ intercambiables (desplazables) con una sal neutra (KCl). También incluye pequeñas cantidades de Fe (IGAC, 1979). En la Tabla 34 se puede ver la evaluación y el puntaje para determinar la saturación de aluminio.

Tabla 34. Contenido de aluminio de cambio

Apreciación	Rango	Puntos
Normal, limitante para cultivos susceptibles	< 15	0
Limitante para cultivos moderadamente tolerantes	≥ 15 - < 30	- 1
Limitante para cultivos tolerantes	≥ 30 – ≤ 60	- 5
Altos niveles tóxicos para la mayoría de cultivos	> 60 - < 90	- 10
Muy altos niveles tóxicos para la mayoría de cultivos	> 90	- 10

Fuente: Elaboración propia a partir de Rangos y apreciación (IGAC, 2014a).

g. Susceptibilidad a la pérdida de suelos

Grado o nivel de vulnerabilidad de las tierras a ser afectadas por los agentes erosivos. Aunque suele ser un proceso natural, puede incrementarse con el uso y manejo inadecuado originando una disminución de la productividad (FAO, 1991; FAO, 1976). Las variables asociadas al criterio no se califican en forma independiente para dar rangos por separado, sino que se generan por combinación entre ellas.

- **Fases por grados de erosión:** Desgaste actual de la superficie de la tierra por el desprendimiento y transporte del suelo y de los materiales de roca a través de la acción del agua en movimiento, viento u otros agentes geológicos (USDA, 1961).
- **Degradación de suelos por erosión:** Pérdida de la capa superficial de la corteza terrestre por acción del agua y/o del viento, que es mediada por los seres humanos, y trae consecuencias ambientales, sociales, económicas y culturales (Ideam, 2015).
- **Pendiente:** Grado de inclinación de una superficie desde la horizontal, generalmente expresada en porcentaje o grados (Soil science society of America, 2018).
- **Amenaza por movimientos en masa:** Peligro latente de movimientos en masa de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de modo accidental, en función de probabilidad de ocurrencia espacial y temporal (Sistema Geológico Colombiano, SGC, 2016).

El argumento para diferenciarlos radica en el efecto que cada uno de los rangos tiene en el favorecimiento a la pérdida de suelo, ya que reduce las posibilidades de mantener un área productiva. A continuación, se presentan los criterios de calificación (Tabla 35).

Tabla 35. Susceptibilidad a la pérdida de suelos, clase y puntos

Clase	Puntos
Baja	0
Moderada	- 3
Fuerte	- 15
Muy fuerte	Son unidad tipo 13

Fuente: Clases y puntajes de elaboración propia.

4.2.4. Tratamiento información

Según *Nociones de Informática* (2011), el tratamiento de la información consiste en una serie de operaciones que se realizan sobre una determinada información de forma planificada y ordenada y así poder convertirla en conocimiento. Consta de las siguientes fases:

- **Captación:** fase en la que se buscan y recogen los datos que van a formar parte de la información que se necesita.
- **Almacenamiento:** fase en la que se realiza el guardado de la información (captada anteriormente).
- **Clasificación:** fase en la que se realiza una ordenación de la información con algún criterio preestablecido.
- **Modificación:** fase en la que se manipula la información para transformarla en conocimiento.
- **Utilización:** fase que aprovecha el conocimiento obtenido.

4.2.4.1. Fuentes de información y periodicidad

En la Tabla 36, se listan las variables y fuentes de las entidades del estado competentes, de la información utilizada como insumo para las unidades físicas de análisis.

Tabla 36. Fuentes de información

Variable	Fuente
Índice de disponibilidad de humedad para cultivos (IDHc)	IGAC (2012), cartografía básica, escala 1:100.000. Ideam (2014). Tabla promedios mensuales multianuales de precipitación, periodo 1981 – 2010. Ideam. 2014. Base de datos de temperatura media mensual multianual, precipitación media mensual multianual, evapotranspiración de referencia mensual de Colombia para el periodo 1981-2010. Datos de 1954 estaciones del Ideam.
Temperatura	IGAC (2012), cartografía básica, escala 1:100.000. Ideam. (2014). Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010, escala 1:100.000.
Pendiente	IGAC (2012), cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.
Textura	IGAC (2012), cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.
Pedregosidad	IGAC (2012), cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.
Profundidad efectiva	IGAC (2012), cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.
Régimen de humedad	IGAC (2012), cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.
Drenaje natural	IGAC (2012), cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.
Susceptibilidad a inundaciones	IGAC (2012), cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.
Acidez (pH)	IGAC (2012), cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.
Saturación de bases	IGAC (2012), cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.

Variable	Fuente
Carbono orgánico	IGAC (2012), cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.
Capacidad de intercambio catiónico	IGAC (2012), cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.
Salinidad o sodicidad	IGAC (2012), cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.
Saturación de aluminio	IGAC (2012), cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.
Susceptibilidad a la pérdida de suelos	IGAC (2012), cartografía básica, escala 1:100.000. Ideam (2014)., Mapa de degradación de suelos por erosión, escala 1:100.000 SGC (2015), Mapa nacional de amenaza relativa por movimientos en masa, escala 1:100.000. IGAC (2014), Modelo digital del terreno, resolución espacial 30 m.

Fuente: Elaboración propia.

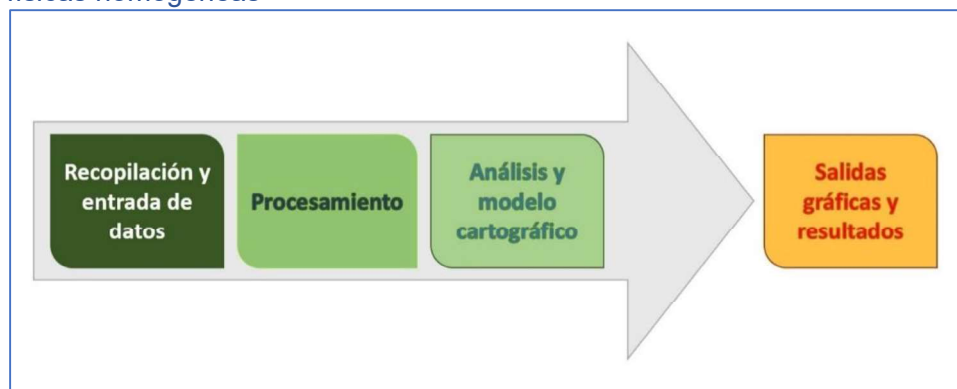
4.2.5. Análisis espacial

El análisis espacial es una herramienta ampliamente utilizada por la mayoría de las ciencias, permitiendo una aproximación cuantitativa para detectar, mostrar y explicar los patrones espaciales más importantes que se encuentran en un grupo de datos localizados en el espacio, con el objeto de lograr un fin determinado.

Una parte importante de esta fase son las técnicas o herramientas de análisis espacial, que incluye un amplio conjunto de operadores o algoritmos que se ejecutan sobre una o varias capas de información (generalmente ráster) con el propósito de producir una nueva capa de salida (UPRA, 2018d).

Dentro del proceso de las unidades físicas homogéneas, esta fase soporta muchos de los productos intermedios de tipo espacial para la obtención del mapa de las unidades físicas. Los pasos usados por la Oficina de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) de la UPRA se presentan en la Figura 15.

Figura 15. Proceso de análisis de información espacial para la obtención del mapa de las unidades físicas homogéneas



Fuente: (UPRA, 2018d)

- **Recopilación de información:** Consistió en la búsqueda, solicitud y evaluación de la información (espacial y alfanumérica) usada por los diferentes componentes. Esta información provino de entidades oficiales relacionadas con la producción de la misma (UPRA, 2018d) (Tabla 37).

Tabla 37. Información recopilada en las entidades del estado utilizada como insumo para las unidades físicas homogéneas

Entidad	Tema
Ideam	Tabla promedios mensuales multianuales de precipitación; bases de datos de temperatura media mensual multianual, precipitación media mensual multianual, evapotranspiración de referencia mensual; distribución de la temperatura media anual, promedio multianual. Degradación de suelos por erosión.
IGAC	Correlación nacional de suelos.
SGC	Amenaza por movimientos en masa.

Fuente: Elaboración propia.

- **Procesamiento de la información:** Abarca una serie de procedimientos encaminados a que la información se encuentre en la forma adecuada para su análisis. Una de las operaciones más comunes utilizadas son los procesos de reclasificación y operación aritmética, los cuales se emplearon para la estandarización de lineamientos definidos en el componente para su espacialización dentro del modelo cartográfico definido para las unidades (UPRA, 2018d).
- **Análisis de la información:** Consiste en generar y evaluar las salidas gráficas de cada condición de acuerdo con los rangos de calificación establecidos y puntajes asignados. Esta etapa del proceso también abarca el modelo cartográfico, el cual es una forma de representación de los procesos espaciales involucrados para las unidades físicas homogéneas. El modelo tuvo como insumos de entrada los mapas a nivel de variable y criterio generados por cada condición.

Uno de los procedimientos de mayor uso en esta fase es el de álgebra de mapas, una serie de procedimientos que, operando sobre una o varias capas en información —en este caso los mapas generados de cada variable y en pocos criterios—, permitían obtener información derivada cuyo resultado es el mapa de unidades físicas homogéneas.

- **Salidas gráficas y resultados:** Consiste en la presentación, a manera de mapas y estadísticas a nivel nacional. Estas salidas son soportadas dentro de la geodatabase (GDB) de esta metodología.

4.3. Método del proceso para la obtención de la unidad física homogénea

De la interacción de las condiciones climáticas con las edáficas resultan las delineaciones de unidades con características y cualidades internas homogéneas tales como textura, profundidad efectiva, drenaje natural, disponibilidad de nutrientes, entre otras.

Estas tienen que ver con la calidad de las tierras que conforman la unidad y por ende con el crecimiento y desarrollo de las especies vegetales. En conjunto estas condiciones expresan la capacidad productiva de cada unidad, la cual se califica por medio del valor potencial (VP).

El VP es un índice numérico utilizado para la valoración de las unidades físicas, que procura representar su capacidad productiva con base en las condiciones climáticas y edáficas. Este valor se calcula mediante la sumatoria de los puntajes establecidos para cada una de las variables o criterios establecidos para la metodología. Al resultado obtenido se le restan puntos cuando algunas características constituyen limitantes severas.

1. Tipos de unidades físicas homogéneas

Los tipos de unidades físicas homogéneas son polígonos cartográficos que tienen el mismo rango de VP. En el intervalo de 1 a 100 puntos de valor potencial, se han definido 13 tipos de unidades físicas (Tabla 38).

Tabla 38. Tipos de unidad según el valor potencial (VP), color asignado

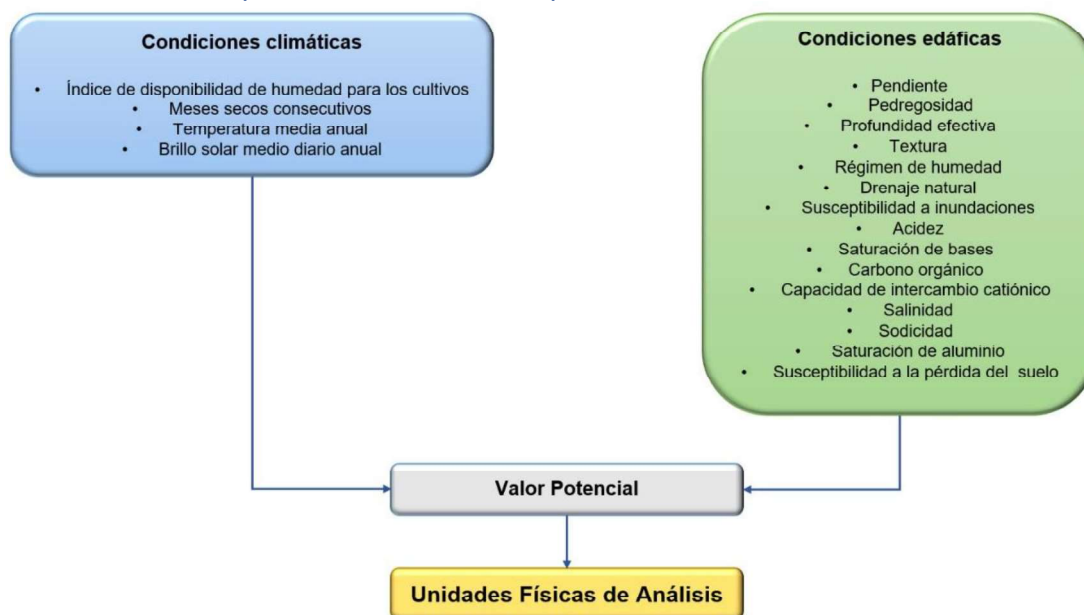
Símbolo unidad tipo	Apreciación	Rangos (VP) sobre 100 puntos	Número para expresar el valor potencial	Color asignado (digital)			
				Rojo	Verde	Azul	Color
01	Excelente	85-100	92	66	40	140	
02	Muy Buena	77-84	80	0	92	230	
03	Buena	70-76	73	0	169	230	
04	Moderadamente buena	64-69	67	0	255	255	
05	Moderadamente buena a mediana	59-63	61	38	102	0	
06	Mediana	53-58	55	56	212	0	
07	Mediana a regular	47-52	49	170	255	0	
08	Regular	41-46	44	255	242	156	
09	Regular a mala	35-40	38	255	255	0	
10	Mala	27-34	30	255	140	60	
11	Mala a muy mala	19-26	23	255	79	127	
12	Muy mala	11-18	17	141	73	37	
13	Improductiva	< 11	6	71	54	38	

Fuente: Elaboración propia.

2. Valor potencial

Con el valor potencial obtenido de las condiciones tanto climáticas como edáficas, se obtienen los tipos y subtipos de unidades físicas homogéneas (Figura 16).

Figura 16. Parámetros para el cálculo del valor potencial



Fuente: Elaboración propia

3. Subtipos de unidades físicas homogéneas

Son subdivisiones dentro de los tipos de unidades que tienen que ver con el uso, manejo de las tierras, basadas en las condiciones climáticas, pendientes y limitaciones específicas.

- **Subtipo por clima**

Son divisiones dentro de los tipos de unidades de acuerdo con las condiciones climáticas (Tabla 39).

Tabla 39. Subtipos por clima

Unidades climáticas	Símbolo
Cálido muy seco	X
Cálido seco	W
Cálido húmedo	V
Cálido muy húmedo	U
Cálido pluvial	T
Templado muy seco	S

Unidades climáticas	Símbolo
Templado seco	R
Templado húmedo	Q
Templado muy húmedo	P
Templado pluvial	O
Frío seco	M
Frío húmedo	L
Frío muy húmedo	K
Muy frío húmedo	H
Muy frío muy húmedo	G
Extremadamente frío húmedo, muy húmedo, pluvial; subnival y nival	A

Fuente: Elaboración propia.

- **Subtipo por pendiente**

Hace relación a la división de los tipos de unidad según el rango de las pendientes (Tabla 40).

Tabla 40. Subtipos por pendiente

Rangos de pendiente	Símbolo
1 - 3	a
3 - 7	b
7 - 12	c
12 - 25	d
25 - 50	e
50 - 75	f
> 75	g

Fuente: Elaboración propia.

Para obtener el VP final de las unidades físicas homogéneas con pendientes mayores del 3 % se hace corrección del valor inicial (10) mediante el uso de los valores de la constante K para cada rango. En la Tabla 41 se indican los valores de K para las diferentes pendientes, el subíndice se refiere a la pendiente en porcentaje.

Tabla 41. Valoración según la pendiente del terreno

Pendiente		Factor de ajuste (K)
Cualitativo	Cuantitativo %	
a	< 3	Igual VP
b	3 - 7	0,07
c	7 - 12	0,12
d	12 - 25	0,24
e	25 - 50	0,37
f	50 - 75	0,57
g	> 75	0,63

Fuente: IGAC (2019).

- **Subtipo por limitantes específicos**

Son subdivisiones de las unidades de acuerdo con limitantes que influyen el uso, manejo y degradación, se consideran las siguientes (Tabla 42).

Tabla 42. Limitantes específicas

Limitante por	Símbolo
Erosión moderada	2
Erosión severa	3
Inundaciones	i
Encharcamiento	E
Fragmentos gruesos en el perfil del suelo	q
Pedregosidad superficial	p
Acidez intercambiable (AI) > 60%	L
Sodicidad	n
Salinidad	z
Susceptibilidad a la pérdida de suelo moderada	s1
Susceptibilidad a la pérdida de suelo fuerte	s2
Susceptibilidad a la pérdida de suelo muy fuerte	s3

Fuente: Elaboración propia a partir de IGAC (2019)

- **Otros símbolos**

En la Tabla 43, se presentan otros símbolos que por sus condiciones especiales no son objeto de valoración para la UAF.

Tabla 43. Otros símbolos

Descripción	Símbolo
Saladares	SL
Misceláneo erosionado	ME
Misceláneo rocoso	MR
Pantano	PN
Fosas mineras	FM
Nieves perpetuas	NP
Zona urbana	ZU
Cuerpos de agua	CA

Fuente: IGAC (2019).

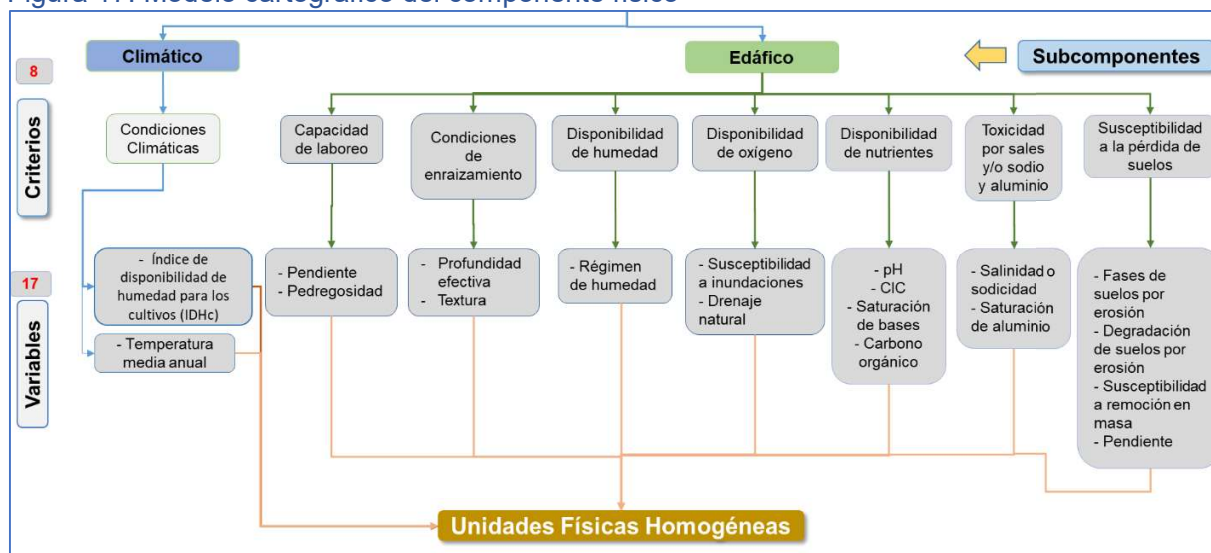
4.3.1. Obtención de resultados marco geográfico de la UAF (UFH)

4.3.1.1. Método de espacialización

El proceso general comprende la aplicación de varias técnicas o métodos de análisis de datos espaciales, unos para agrupar las variables por criterios y otras para combinar los criterios para conformar el componente físico.

En la Figura 17 se presenta el modelo cartográfico para la obtención de las unidades físicas homogéneas.

Figura 17. Modelo cartográfico del componente físico



Fuente: Elaboración propia.

Para la obtención de los resultados, se siguieron los siguientes métodos (Tabla 44).

Tabla 44. Métodos utilizados

Variable	Método	Herramienta
Índice de disponibilidad de humedad para los cultivos	Reclasificación de acuerdo a los rangos	Reclassify
Temperatura media	Reclasificación de acuerdo a los rangos	Reclassify
Otras variables	Reclasificación de acuerdo al rango establecido	Calculate Field

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.2. Resultados

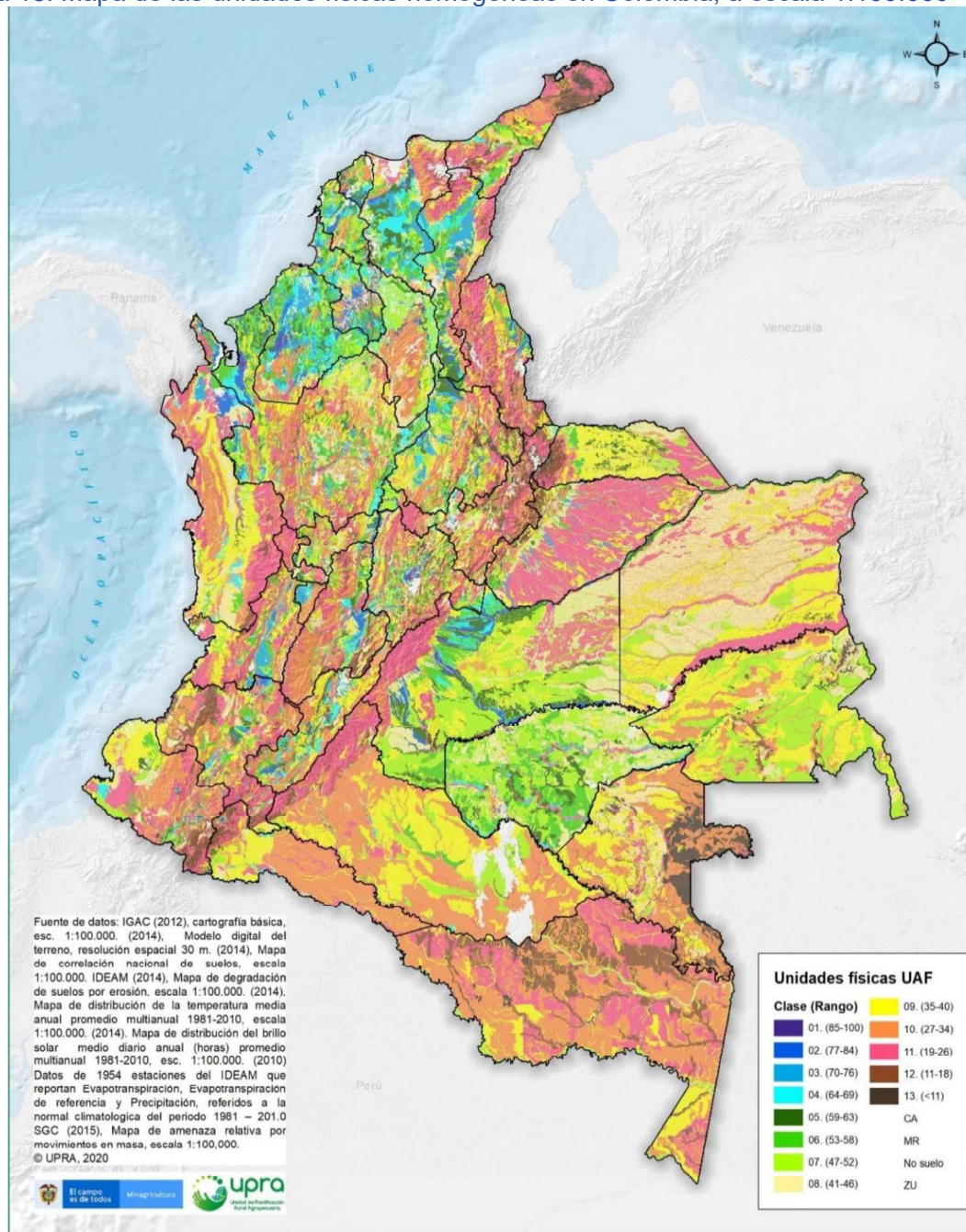
El mapa de unidades físicas homogéneas de Colombia a escala 1:100.000, se muestra los siguientes resultados, de acuerdo con el VP obtenido (Tabla 45 y Figura 18).

Tabla 45. Área y porcentaje según la unidad física tipo

Unidad tipo	Rango (VP)	Apreciación	Área (ha)	% de ocupación
01	85 - 100	Excelente	326.578,43	0,29
02	77 - 84	Muy buena	1.418.019,82	1,24
03	70 - 76	Buena	1.919.231,86	1,68
04	64 - 69	Moderadamente buena	2.593.569,24	2,27
05	59 - 63	Moderadamente buena a mediana	3.339.493,22	2,93
06	53 - 58	Mediana	5.477.747,37	4,80
07	47 - 52	Mediana a regular	13.176.410,03	11,55
08	41 - 46	Regular	12.249.536,55	10,74
09	35 - 40	Regular a mala	18.908.090,48	11,69
10	27 - 34	Mala	23.902.860,65	20,95
11	19 - 26	Mala a muy mala	19.720.086,69	17,29
12	11 - 18	Muy mala	5.385.660,91	4,72
13	< 11	Improductiva	2.075.389,19	1,82
		Cuerpos de agua	1.969.707,85	1,73
		Misceláneo rocoso	9.876,86	0,01
		No suelo	1.380.462,93	1,21
		Zonas urbanas	217.335,03	0,19
Total, en Colombia			114.070.057,13	100,00

Fuente: Elaboración propia.

Figura 18. Mapa de las unidades físicas homogéneas en Colombia, a escala 1:100.000



Fuente: © UPRA, 2020

El total de subunidades tipo a nivel nacional, por sumatoria para los 1.120 municipios, es de 34.890. El municipio con mayor número de subunidades es El Tambo, en el departamento del Cauca, con 144 subunidades. El municipio con el menor número de subunidades es La Victoria

en el departamento de Boyacá, con 1 subunidad. En la Tabla 46 y en la Figura 19, se presenta el resultado de las subunidades físicas homogéneas en la presente metodología.

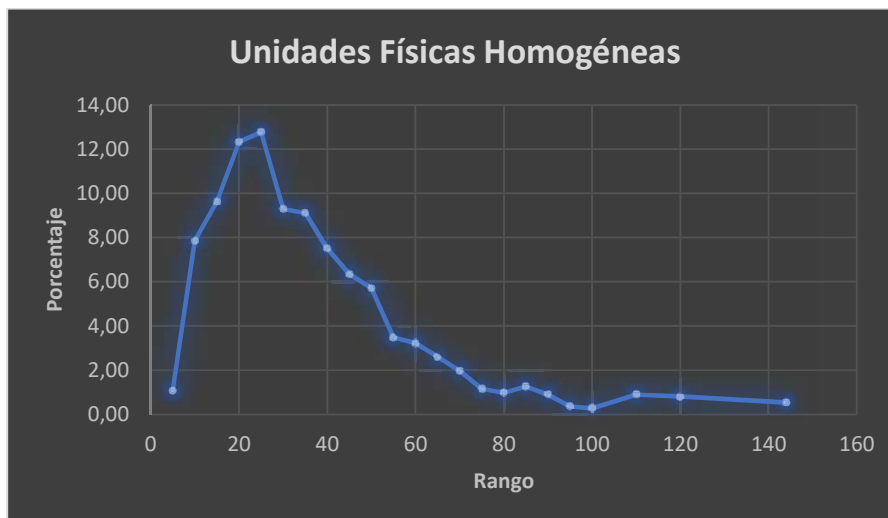
(Anexo 1. Fichas metodológicas UFH a nivel nacional. Anexo 2. Unidades Físicas Homogéneas UFH a nivel nacional).

Tabla 46. Resultado por rango de subunidades físicas homogéneas, cantidad de municipios para esos rangos y su respectivo porcentaje

Rango de subunidades físicas homogéneas	Cantidad de municipios	%
1 - 5 subunidades	19	1,70
6 - 10 subunidades	100	8,93
11 - 15 subunidades	146	13,04
16 - 20 subunidades	127	11,34
21 - 25 subunidades	137	12,23
26 - 30 subunidades	128	11,43
31 - 35 subunidades	87	7,77
36 - 40 subunidades	86	7,68
41 - 45 subunidades	84	7,50
46 - 50 subunidades	48	4,29
51 - 55 subunidades	37	3,30
55 - 60 subunidades	28	2,50
61 - 65 subunidades	21	1,88
66 - 70 subunidades	17	1,52
71 - 75 subunidades	13	1,16
76 - 80 subunidades	9	0,80
81 - 85 subunidades	9	0,80
86 - 90 subunidades	9	0,80
91 - 95 subunidades	1	0,09
96 - 100 subunidades	1	0,09
101 - 110 subunidades	6	0,54
111 - 120 subunidades	1	0,09
121 - 144 subunidades	6	0,54

Fuente: Elaboración propia.

Figura 19. Subunidades físicas homogéneas según el resultado por rangos y porcentajes



Fuente: Elaboración propia.

4.4. Lineamiento técnico para la implementación

El éxito de la replicabilidad del modelo conceptual y cartográfico de la unidad física hasta aquí descrito, dependerá de la disponibilidad y calidad de la información que lo alimente. La información con que se generó este trabajo se encuentra centralizada, depurada y estructurada en el repositorio de información de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA).

Esta metodología ha sido aplicada a nivel nacional con información disponible a septiembre de 2020. Se entrega a la Agencia Nacional de Tierras este insumo denominado «Modelo Unidades Físicas para la determinación de la Unidad Agrícola Familiar a escala 1:100.000 por municipios» y se prevé continuar generando dicho insumo conforme a sus necesidades de actualización periódicas o bajo un proceso de concertación interinstitucional o ante eventos excepcionales de la naturaleza tales como erupciones volcánicas, fallas y microfallas geológicas, erosión por remoción en masa, cambio de curso de los ríos, inundaciones por época invernal, entre otros eventos que se generen por el cambio climático. En este caso, se deben utilizar capas vectoriales de fecha reciente.

(Anexo 3. Propuesta de transferencia y apropiación del modelo a otras escalas de información existente).

Este insumo que orientará el actuar de la ANT y que constituye el marco de georreferencia para futuros cálculos de la UAF posee las siguientes características:

- Su cobertura es a nivel nacional.
- El producto se mantiene estable en el tiempo (cambios drásticos poco frecuentes).
- Simplifica el número de unidades físicas homogéneas, para ser asociadas con el análisis productivo y socioeconómico.
- Expresa diversidad territorial a una escala submunicipal.
- Adecuado al procedimiento único de acceso a tierras al identificar de forma temprana parámetros físicos que condicionan la productividad.
- Contribuye en el corto plazo a la definición, identificación y delimitación de áreas rentables y en general de tamaños prediales.

Cuando haya necesidad de detallar áreas para calcular la UAF, la Agencia Nacional de Tierras podrá recurrir a estudios de escalas 1:25.000 y 1:50.000, que existan en dicha región. En tal caso, los lineamientos para replicar el proceso de definición de las unidades físicas en estas escalas son los siguientes:

- Recopilar el respectivo estudio de suelos a nivel departamental o municipal dependiendo del caso.
- Leyenda de suelos.
- Perfiles de suelos.
- Resultados de los análisis físicos y químicos.
- Elaborar la respectiva base de datos con las variables correspondientes utilizadas en la metodología a escala 1:100.000.
- Un equipo TIC o SIG procederá para su respectivo proceso.

Entrega por parte del equipo TIC o SIG las respectivas unidades físicas a emplear como marco para definir la UAF del respectivo municipio.