

Resiliencia hídrica. Un análisis comparativo de Suelos Hidro Conductores entre sabanas de la frontera agrícola¹

Water resilience. A comparative analysis of Hydro conductive Soils between savannas of the agricultural frontier

Resiliência hídrica. Uma análise comparativa de Solos Hidrocondutores entre savanas da fronteira agrícola

Carlos Enrique Castro Méndez

Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá, Colombia.
cecastro@igac.gov.co | 0000-0003-3125-8349

Yolima Del Carmen Agualimpia Dualiby

Universidad Distrital Francisco José del Caldas, Bogotá, Colombia.
yagualimpia@udistrital.edu.co | 0000-0002-4262-954X

Para citar este artículo: Castro Méndez, C., y Agualimpia Dualiby, Y. (2022). Resiliencia hídrica. Un análisis comparativo de Suelos Hidro Conductores entre sabanas de la frontera agrícola. *Entorno Geográfico*, (23), e20411475. <https://doi.org/10.25100/eg.v0i23.11475>

Resumen

El propósito de este artículo es comprender la función de los suelos hidro-conductores SHC en sectores representativos de las sabanas estacional de la Orinoquía y del altiplano, para comparar los grados de resiliencia hídrica ante la implementación de programas agrícolas intensivos provenientes de la ampliación de la frontera agrícola, así como de la delimitación de áreas productivas y áreas ambientales. El método aplicado obtiene sus bases teóricas de la descolonización del saber eurocentrista de Boaventura de Souza Santos con el que se justifica un análisis integral que parte de la memoria histórica territorial, continúa con el análisis de los paisajes, las características de los suelos e incluye el análisis de los servicios ambientales. Se confrontó la oferta hídrica natural con las necesidades de los cultivos que se proponen para estos sectores.

De acuerdo con los resultados las sabanas localizadas dentro de la frontera agrícola presentan diferente capacidad natural para afrontar un uso intensivo y su implementación

¹ Para este informe se unieron conceptos aplicados en el grupo de investigación de Suelos y Ecología del Instituto Geográfico Agustín Codazzi y en el grupo PROGASP-GAIA de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.



afectaría de manera distintiva los caudales bases de los ríos. La sabana estacional de la Orinoquía colombiana presentó las mayores limitaciones y sus tierras se denominaron de muy baja resiliencia, esto orienta el uso agrícola a decisiones comprometidas con el medio ambiente.

Palabras clave: frontera agrícola, resiliencia hídrica, sabanas y suelos hidro-conductores

Abstract

The purpose of this article is to understand the role of SHC hydro-conductive soils in representative sectors of the seasonal savannas of the Orinoquia and the highlands, to compare the degrees of water resilience to the implementation of intensive agricultural programs resulting from the creation of the agricultural frontier as well as the delimitation of productive areas and environmental areas. The applied method obtains its theoretical bases from the decolonization of the Eurocentric knowledge of Boaventura de Souza Santos with which an integral analysis is justified that starts from the territorial historical memory, continues with the analysis of the landscapes, the characteristics of the soils and includes the analysis of environmental services. The natural water supply was confronted with the needs of the crops that are proposed for these sectors.

According to the results, the savannas located within the agricultural frontier present different natural capacity to cope with intensive use and its implementation would affect the base flows of the rivers in a distinctive way. The seasonal savannah of the Colombian Orinoquia presented the greatest limitations and its lands were called very low resilience, this guides agricultural use to decisions committed to the environment.

Keywords: agricultural frontier, water resilience, savannas and hydro-conductive soils

Resumo

O objetivo deste artigo é compreender a função dos solos hidrocondutores (SHC) em setores representativos das savanas sazonais da Orinoquia e do altiplano, a fim de comparar os graus de resiliência hídrica diante da implementação de programas agrícolas intensivos decorrentes da expansão da fronteira agrícola, bem como da delimitação de áreas produtivas e áreas ambientais. O método aplicado baseia-se teoricamente na descolonização do saber eurocêntrico de Boaventura de Sousa Santos, o que justifica uma análise integral que parte da memória histórica territorial, prossegue com a análise das paisagens, das

características dos solos e inclui a análise dos serviços ambientais. A oferta hídrica natural foi confrontada com as necessidades hídricas das culturas propostas para esses setores. De acordo com os resultados, as savanas localizadas dentro da fronteira agrícola apresentam diferentes capacidades naturais para suportar o uso intensivo, e sua implementação afetaria de maneira distinta as vazões de base dos rios. A savana sazonal da Orinoquia colombiana apresentou as maiores limitações, sendo suas terras classificadas como de muito baixa resiliência, o que orienta o uso agrícola para decisões comprometidas com a preservação ambiental.

Palavras-chave: fronteira agrícola, resiliência hídrica, savanas e solos hidrocondutores

Recibido: 21 de julio de 2021

Aceptado: 05 de octubre de 2021

Publicado: 03 de enero de 2022

1. Introducción

Se aborda la problemática de la degradación de tierras desde la geografía crítica y el enfoque decolonial para avanzar en la revisión del concepto resiliencia, término que se aplica en los procesos de globalización que se siguen en los países de América Latina y que esconden compromisos económicos y generan nuevas necesidades a los países de la periferia (Panitch y Gindin, 2015).

Se entiende en esta investigación el concepto “resiliencia hídrica” como una estrategia que se plantea para enfrentar la degradación de las tierras que se avecina debido a la expansión de la frontera agrícola y con la que se pretende esclarecer si la contradicción que hay en el uso agrícola en dos espacios denominados *biomas de sabana* por la WWF (2021), se debe a políticas de globalización. Se muestra el problema de sabanización que ocurre en los países de América latina y específicamente en Colombia a través de la creación de tierras agrícolas a partir de la destrucción de espacios naturales muy frágiles, mediante la generación de discursos que incluyen el desarrollo económico o la lucha contra la pobreza.

La presente investigación tiene como propósito demostrar que la resiliencia hídrica no se mide necesariamente en la cantidad de agua lluvia, es decir en la oferta natural, sino en la distribución de lluvias durante el año, además el suelo se toma como parte del medio

ambiente y cumple una función importante como regulador de los procesos hidrológicos; es pertinente mostrar que dentro de la frontera agrícola hay diferencias en cuanto a la resiliencia hídrica entre sabanas estacional y del altiplano. Para cumplir con el objetivo se realizó un análisis multiescalar confrontando dos sectores representativos de la sabana estacional de la Orinoquía colombiana con un sector de la sabana del altiplano cundiboyacense.

El análisis de sabanas a partir del concepto de resiliencia hídrica ofrece nuevos elementos a los planificadores del uso en Colombia y brinda soporte técnico a las decisiones de manera que estas no se constituyan en un riesgo a la biodiversidad y se puedan generar nuevos discursos desde una mirada transdisciplinar para que el desarrollo territorial no tenga como consecuencia una degradación planificada de las tierras.

Las sabanas bien podrían analizarse a partir del enfoque ecosistémico constituido por una estructura físico biótica distintiva o como una unidad de paisaje que cuenta con característica geológicas, geomorfológicas y climáticas que ayudan en la determinación de los usos; en cualquiera de los casos la delimitación y la determinación de la aptitud de uso agrícola depende de las características que tienen los suelos, mientras que la variable tiempo se interpreta como un factor evolutivo, el cual además de mostrar las posibilidades de desarrollo económico, puede analizarse como grado de fragilidad que tienen esas tierras ante un posible cambio de uso.

Las representaciones cartográficas de las sabanas naturales provienen de una visión o un contexto global, en el que se muestran como grandes espacios cubiertos de herbazales y arboles alineados a los cursos de agua, en términos generales denominados bosques de galería, que son protegidos en la legislación colombiana mediante el decreto 2245 de 2017, en el que se obliga al acotamiento de las rondas hídricas para llevar a cabo un uso eficiente y eficaz del agua superficial, es decir, un uso ambiental con un propósito económico y social.

Las sabanas naturales son consideradas espacios vulnerables a los procesos de desecación o desertificación en temáticas planteadas en congresos de cambio climático, en estas aulas las sabanas del caribe colombiano tienen mayor atención; no obstante, los espacios del conocimiento académico de especialistas en los temas ambientales son muy diferentes a los

encuentros de profesionales especialistas en la productividad y estos asuntos no se han discutido a la fecha en foros multidisciplinarios o transdisciplinarios, lo cual configura escenarios excluyentes y consecuentemente la determinación del cambio de uso, no se somete a una discusión que involucre las dos visiones: la productiva y la ambiental.

Esta confrontación de instrumentos jurídicos y de gestión dispersos en la legislación colombiana conlleva a que las sabanas se conviertan en espacios vulnerables a los procesos de desecación o desertificación (Castro, et al, 2020).

Con la delimitación de la frontera agrícola en Colombia (MADR-UPRA, 2018), estos espacios dejaron de considerarse como tierras de muy baja productividad para que, deliberadamente, fueran incluidas como áreas productivas para proyectos de agricultura a gran escala; esto podría plantearse como una apertura que puede incrementar las áreas semidesérticas y la desaparición de espacios de transición entre los biomas de la sabana inundable y zonas de alta biodiversidad, como son los de la selva amazónica. De acuerdo con lo planteado resiliencia hídrica es la capacidad natural y no la construida por una sociedad, es un discurso que hay que estudiar a profundidad.

Santos (2010) advierte que las empresas multinacionales adquieren funciones de regulación social, intervienen los medios de comunicación y desde allí controlan las decisiones con la ayuda de actores sociales que son los encargados de legitimar la visión eurocentrista del territorio y de descalificar el conocimiento y los saberes locales. Es tan arraigado el colonialismo europeo que la misma población desacredita el pensamiento local y da validez a las teorías y los métodos generados en otros sectores dominantes.

Las sabanas representadas en cartografías hegemónicas, coinciden con espacios agrícolas abiertos en los países de América latina que se encuentran en proceso de degradación en Argentina (Albarracín y Casas, 2015), Brasil (Embrapa, 2015) entre otros tipificando una degradación inducida por procesos de globalización, todas las sabanas intervenidas tienen aptitudes agrícolas diferentes y en algunos casos no presentaban las características de tierras aptas para la agricultura.

Se analizó el concepto de resiliencia desde publicaciones dirigidas por el pensamiento eurocentrista para identificar la intencionalidad oculta en el discurso y mostrar luego la

resiliencia hídrica como una estrategia para medir el grado de impacto del establecimiento de usos agrícolas intensivos.

2. Revisión del concepto resiliencia

Cuando Holling (1973) definió resiliencia lo hizo para describir la persistencia de los sistemas naturales frente a un cambio ocasionado por los seres humanos. De forma directa o indirecta la resiliencia ambiental se relaciona con el nivel de afectación de la función ecosistémica evaluada en la calidad de bienes y servicios que estos sistemas naturales pueden proporcionar a la sociedad humana y en la función natural persistente luego de un impacto causado por el cambio de uso (MADS, 2016).

A partir de los años setenta se aplicaría el concepto resiliencia en variadas disciplinas del conocimiento ya sea en algunos aspectos de las ciencias sociales o en las ambientales. Algunas veces la resiliencia se aplicó con otros fines diferentes a los planteados para los sistemas naturales y esto causó equívocos en la forma como se interpreta y planifica el medio físico; esto se realizó con el fin de generar nuevas oportunidades como suelen llamarse en las ciencias económicas.

Algunos enfoques de la resiliencia del agua son fijados por instituciones del orden mundial que tienen previsto que a futuro habrá un impacto que causará estrés y desde este concepto, es importante que los sistemas socio ambientales de estos países adquieran o mejoren su capacidad para reponerse al cambio que inevitablemente se dará en la sociedad humana; esto evidentemente es una apuesta muy arriesgada basada en la priorización del desarrollo económico (Fluence, 2019).

En este sentido, el tema de resiliencia se discute en escenarios académicos que enmascaran discusiones complejas debido a que las interpretaciones y las posturas podrían ser diversas y conflictivas, caso de resiliencia y panarquía propuesto por Prieto (2013) en donde se tratan los sistemas sociales, dado que en su mayoría incluyen en el discurso la acción de recuperación que además adquiere un costo de inversión que es apoyado por la banca mundial. La resiliencia se incluyó en otros aspectos como la gestión del riesgo (Castillo *et al* 2019), entre ellas son de especial importancia las inundaciones causadas por una

planeación no adecuada y que ignora los sistemas naturales tales como la ocupación de las tierras inundables en tiempos de retorno largo, o los eventos recurrentes de vientos temporales, amenazas volcánicas o impactos de tsunamis en zonas expuestas siempre a eventos y los cuales, definitivamente, afectan a la población y a la infraestructura.

La resiliencia que propone la institucionalidad de la globalización es interpretada como la necesidad de realizar obras que mitiguen o hagan más manejable el cambio climático. El sector bancario promueve las ideas de políticas de inversión correspondientes al 0,3% de PIB del país. Por eso el conocimiento de la amenaza, la vulnerabilidad o el riesgo producen la identificación de problemas que necesitan ser solucionados a diferentes escalas; todas estas soluciones requieren el incremento de las inversiones económicas muchas de ellas mimetizadas en lo social.

Tanto en las zonas expuestas a inundaciones como a sequías, se justifica la inversión económica para la construcción de obras hidráulicas con el argumento de la protección de los seres que allí habitan y la seguridad alimentaria. Esto obliga a establecer políticas del agua para incrementar la resiliencia, antes que buscar la reubicación de la población vulnerable a la variabilidad climática (Erquicia, 2019).

La resiliencia es una nueva visión que se empieza a aplicar desde la década de 1960 y es a la vez un concepto generado desde la biología y la ecología; se le atribuyen nuevas aplicaciones como en el caso de los estudios etnográficos en los que se incluyen el análisis de los símbolos y de las tradiciones (Campos y Sierra, 2018) incluso cuenta con un espacio en la política de lucha contra la pobreza, en donde se impulsan nuevas tecnologías y el soporte técnico-científico como elementos que ayudan a incrementar la resiliencia de los pueblos a los procesos de cambio que exige la sociedad moderna y la globalización.

Siguiendo el mismo planteamiento, las cuestiones ambientales son manejadas de manera que al fortalecer los temas relacionados con la resiliencia mediante acciones descentralizadas se promuevan las jerarquías verticales o globales, que se encargan de mantener el sistema equilibrado a través del enfoque financiero y dependiente de las decisiones que se dictan fuera de las naciones. Lo anterior, puede convertirse en un riesgo que es asumido en estos países latinoamericanos con todos los efectos que permiten la regulación de estos espacios en beneficio de la producción y no del ambiente o la salud.

La resiliencia hídrica en este sentido se dirige a las ciudades que mantienen una demanda continua del agua. Los problemas que se tratan en los espacios urbanos son la disminución de la oferta de agua superficial, el agotamiento del agua subterránea, el déficit hídrico y la pérdida de agua en la red de distribución domiciliaria.

Las estrategias que se establecen con el problema de alto consumo hídrico en las ciudades, se dirigen a incrementar la resiliencia a través de la restauración de coberturas vegetales en las partes altas de las cuencas para mantener la regulación de agua y disminuir los problemas de sedimentación en los embalses, con lo que se generan estímulos económicos a los proyectos de reutilización domiciliaria del agua, inversiones en equipos y en mantenimiento para la desalinización del agua en espacios costeros y en el mejoramiento de prácticas de manejo para evitar la contaminación de los acuíferos y de las aguas subterráneas.

Cuando se analiza la concentración de la población en las ciudades, la preocupación se dirige a la diversificación del consumo. En este caso específico la resiliencia se aplica como un concepto ajustado a la necesidad de invertir en infraestructura con fines de almacenamiento para el aprovisionamiento del recurso vital para la población y para las actividades industriales y comerciales que puedan lograrse en las ciudades modernas (Peñaloza y Bruebach, 2019).

Otro enfoque de la resiliencia hídrica que promociona la implementación de programas de planificación dirigidos a las ciudades, contiene pautas que son posibles con los beneficios que ofrecen los programas de desarrollo, la generación de bienestar y el fortalecimiento de la economía; en tal caso, se cambian los objetivos a los que se hacía referencia al inicio ya que en el presente pueden aplicarse a personas o pueden justificarse a través de la materialización de las necesidades satisfechas o la resiliencia plena. Surge una pregunta ¿En dónde está lo ambiental? se toma lo natural como un recurso sin analizar el impacto en las especies, en los ciclos geo-genéticos, hidrológicos o en la diversidad biológica.

Establecer la problemática del agua como un riesgo económico es atentar contra la biodiversidad y los ecosistemas, utilizando además los mismos conceptos ambientales tergiversados en sus beneficios reales. Es así como la resiliencia hídrica es determinada de acuerdo con las acciones financieras que requiere la ciudad tales como proyectos de

planificación territorial que definen la posibilidad de incrementar las inversiones de infraestructura y del gasto público.

De acuerdo con lineamientos del Banco Mundial (BM, 2016) la temática de resiliencia se realiza bajo el enfoque de cambio climático, denominado también como comercio de “cadena de valor”, un propósito mundial que propende por el medio ambiente. Se producen altas inversiones para la preparación académica de quienes serán la fuerza argumental que impulsa la generación o flujo de capitales apoyados en dichos temas ambientales. Sin embargo, no se deja explícito que el cambio climático podría ser una consecuencia de la intervención de la naturaleza y no un hecho natural que afecta a la población mundial. En la mayoría de los casos, la variabilidad climática en el contexto regional es generada por la intervención o la desaparición de las selvas.

En el contexto socioeconómico el sitio que representa el conglomerado urbano debe contar con las facilidades de abastecimiento de agua y esto indudablemente genera impactos en algunos sitios alejados de la ciudad, los cuales deben ceder importantes volúmenes de agua para el desarrollo de las actividades domiciliarias, industriales, comerciales e incluso para el mismo turismo internacional en las grandes ciudades.

Un día mundial del Hábitat aplicado a las ciudades, refuerza el carácter económico que se da a estos espacios en los cuales se concentra la mayor cantidad de población y en esta fecha se establecen compromisos de país con los cuales se programan inversiones económicas de infraestructura para aumentar la resiliencia hídrica a través de la construcción de embalses multipropósito (Fundación Fensa, 2019).

El Instituto de recursos globales WRI cuenta con las líneas de clima, energía, campo, bosques, agua, sitios y mares enfrentadas con negocios, economía, finanzas y gobernanza; esto indica el sentido de las recomendaciones que se realizan a quienes administran las ciudades para que estas sean conducidas a la transformación adaptativa a los nuevos tiempos y al cambio climático global. La propuesta de acción cuenta, además, con programas de inversiones social y académica a la medida de los países latinoamericanos (IDRC, 2018).

El bioma de la selva amazónica es visto como un espacio que produce seguridad hídrica y desde el enfoque ambiental debe ser protegido de la amenaza ocasionada por la expansión de la frontera agrícola en los países suramericanos. Durante el proceso de ocupación se construyeron ciudades e infraestructura vial que impactó la oferta de servicios ambientales; en contraste Kenia fijó el programa de seguridad hídrica basada en la oferta de agua como un subproducto de la selva y definió la resiliencia climática como algo inestable que requiere del cuidado del bosque para mantener los servicios ecosistémicos necesarios como algo indispensable para el desarrollo económico (IDRC, 2018).

Los efectos del cambio climático se reflejan en los países latinoamericanos en dos extremos hídricos las sequías o las inundaciones, en cualquiera de estos casos la sostenibilidad genera un flujo de capitales destinados a reducir las vulnerabilidades y aumentar la resiliencia hídrica, tenga esta un efecto negativo o excesivo que requiere de inversión en infraestructura para control de inundaciones o para el almacenamiento de agua (Erquicia, 2019).

La producción de aguacate en Chile generó la desviación de un río y el aprovechamiento de toda su agua con el fin de producir material vegetal tipo exportación, mientras que la comunidad que se beneficiaba de esa fuente tuvo que migrar a otro lugar, pues la empresa multinacional contó con mayor apoyo político que la misma comunidad empobrecida y esta fue cediendo su espacio de vida a causa de la ausencia de agua para sus actividades humanas (Ebert, 2018).

Mientras que los promotores de la resiliencia hídrica en ciudades equiparan la gestión del agua con el desarrollo económico, sus programas de planificación regional se orientan a mejorar la disponibilidad de agua para riego, se conceptualiza la resiliencia con la seguridad alimentaria y el calentamiento global y orienta sus políticas a la necesidad de prepararse para enfrentar tanto el exceso como el déficit del recurso agua (Erquicia, 2019).

En las últimas seis décadas se incrementó el área de los cultivos agroindustriales de acuerdo con datos del Banco Mundial (BM, 2018). Puede observarse la tendencia mundial a concentrar las actividades agrícolas en esta región. Lo anterior conduce a la necesidad de incrementar inversiones de infraestructuras para el almacenamiento de aguas que son indispensables para dichos procesos productivos.

Las inversiones que se dirigen a estos países tienen un fin económico y es proteger los capitales debido a que, de acuerdo con la Oficina Regional de las Américas de la UNDRR, Latinoamérica supera el 50% de las pérdidas debido al cambio climático global, lo que hace que esta región sea muy vulnerable, entre otras razones porque hay alta probabilidad de superar la resiliencia hídrica natural que es el tema que se aborda en esta investigación.

El riesgo por inundaciones en las ciudades se deriva del crecimiento no controlado de los límites de la urbanización y la decisión de utilizar tierras que no tienen aptitud para la ocupación y el establecimiento de sistemas productivos intensivos. En Bogotá – Colombia - las unidades residenciales de estrato alto localizadas muy cerca del río Bogotá, fueron afectadas por los eventos de inundación que sucedieron por ocupación de los planos que cumplían el servicio ambiental de regulación de aguas de escorrentía. La solución establecida fue la construcción de obras civiles para controlar desbordamientos, trasladando el problema de la inundación aguas abajo. No es cierto que las inversiones hidráulicas sean la solución a los eventos naturales, hay que legislar y controlar las acciones de ocupación en los planos de inundación de los ríos sabaneros.

En Ciudad de México la demanda de agua generada por la sobrepoblación, plantea nuevos retos científicos que son pertinentes para atender la crisis y el cuidado ambiental. En este país se propende por el cuidado de la denominada estructura verde o conservación del bosque urbano (Arizmendi, 2018); análogamente en Colombia se le conoce a esta figura ambiental como estructura ecológica principal y su funcionalidad se orienta también a facilitar la recarga de acuíferos dado que el uso intensivo de estas aguas en la sabana de Bogotá, supera la velocidad de recarga y genera inseguridad hídrica para las generaciones futuras. Los efectos de la sobreexplotación de acuíferos son visibles en el hundimiento de algunos sectores de la ciudad de México, ocasionando daños estructurales en edificaciones ante la pérdida de capacidad portante del suelo y la presencia de concavidades en el subsuelo. En México y en general en los países latinoamericanos se promueven soluciones innovadoras que pretenden minimizar el problema de sobre explotación de acuíferos y en ese sentido se establece en México el programa de seguridad hídrica para evitar la formación de depósitos subterráneos vacíos o contaminados con destino a las generaciones del mañana.

El tema ambiental visto desde la geografía física se define desde los estamentos globales y en esa visión se desconoce la diversidad cultural de las poblaciones y solo se materializa en la representación cartográfica a partir de la definición espacial del clima como primera delimitación de los suelos. Los métodos coloniales definen dos formas de interpretación en los que se combinan los elementos climáticos precipitación y temperatura, dan la posibilidad de representar grandes áreas del espacio geográfico a través de los temas denominados biomas o paisajes.

A partir de allí se construye la visión que se tiene desde la información de suelos, primero como un listado de supuestos y variaciones en la distribución de los suelos que se denomina “marco pedológico” o agrupación de factores que proporcionan una delimitación preliminar de los suelos, y durante el trabajo de campo esto le permite al reconocedor de suelos identificar los procesos pedogenéticos específicos que determina la proporcionalidad de tipos de suelos presentes en la unidad cartográfica.

De acuerdo con Agualimpia y Castro (2016), todos los suelos cumplen la función de almacenar, retener y regular el agua que mantiene el caudal base de los ríos y las quebradas, en especial identificaron los suelos hidro-conductores definidos como aquellos encargados de proveer agua y nutrientes a las tierras que se encuentran en las partes más bajas del paisaje. El servicio ambiental del suelo está en mantener las tierras en condiciones húmedas y la disponibilidad de agua para los procesos biológicos; las propiedades hidrofísicas de los suelos pueden caracterizarse desde la capacidad de almacenamiento y de regulación dependientes de los pulsos climáticos de humedad y sequedad que proporcionan los periodos de lluvia y la esorrentía superficial.

La resiliencia hídrica se define como la capacidad que tienen las sabanas para afrontar un cultivo intensivo exigente en agua, sin afectar el caudal base de los ríos y sin llegar al extremo de la desecación de fuentes hídricas superficiales a causa del aprovechamiento exagerado del agua. Este límite extremo impacta al medio natural y produce la pérdida de biodiversidad y la activación de los procesos degradativos. No es posible recuperar la condición natural mediante inversión en nueva infraestructura, orientada a renovar la capacidad natural que tienen las tierras resilientes cuando se auto regeneran.

Dentro del paradigma de la resiliencia hídrica natural se establece que hay tierras con un mayor potencial agrícola en el mundo muchas de ellas se encuentran localizadas en la franja de confluencia intertropical, que es una región en donde se genera mayor cantidad de precipitaciones en el planeta y además contiene otras características del paisaje que les confieren mayor o menor resiliencia ante un impacto de consumo continuo de agua necesario para mantener el rendimiento agrícola en niveles óptimos.

Otra característica de la política pública que merece evaluarse es la nueva condición de frontera agrícola colombiana y los procesos de planificación agrícola que se encuentra en desarrollo en el país. La sabana del altiplano y la sabana estacional de la Orinoquía se localizan dentro de esta categoría de uso y es posible medir el impacto de los usos propuestos desde las oficinas de planeación rural en Colombia a través del análisis de la resiliencia hídrica natural, como un aspecto geográfico ambiental que plantea una nueva discusión académica. La pregunta de investigación en este caso es ¿Cómo realizar el contraste de resiliencia hídrica en sabanas incluidas en la frontera agrícola colombiana?

3. Metodología

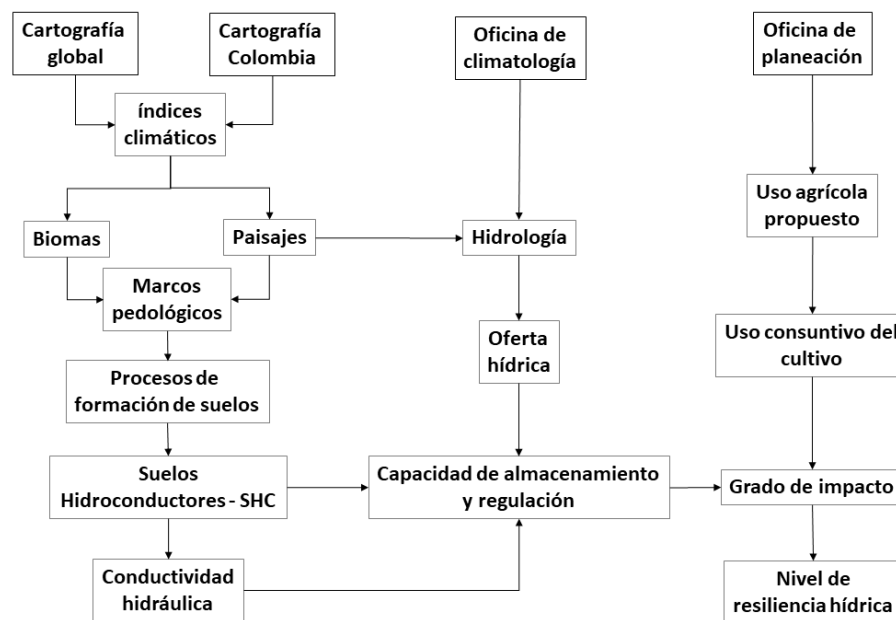
La geografía de suelos con enfoque ambiental se plantea desde la ubicación de Colombia dentro del contexto mundial, como un país dependiente de las políticas de desarrollo que se establecen en los países avanzados confrontado con el análisis local construido a través del conocimiento adquirido de las tierras para la agricultura y la aptitud o vocación real; desde allí se define la resiliencia que tienen las tierras al cambio de uso a través de un análisis comparativo entre la sabana del altiplano y la sabana estacional de la Orinoquía colombiana.

En la Figura 1 se muestra el procedimiento utilizado para el análisis comparativo siguiendo el planteamiento metodológico sentado en tres enfoques: el histórico derivado de la territorialidad plasmada en la cartografía, el enfoque cuantitativo proveniente de los datos de recursos hídricos producidos por entidades oficiales y finalmente un enfoque de planeación agrícola que sugiere y apoya la inversión, aunque no sea un determinante del uso de las tierras, deja la posibilidad de acceso a créditos y alivios en impuestos con

políticas públicas que apoyan la inclusión de productores agropecuarios que siguen las líneas establecidas por la globalización y que orienta sobre qué es lo que debe cultivarse.

El análisis inicia en el contexto con el cual se va reconstruyendo el territorio bajo el símbolo del poder; según Lois (2018) el espacio puede argumentarse mediante la utilización de cartografía histórica y desde las estrategias aplicadas para representar la tierra a partir de lo conocido y lo desconocido; quince años después del descubrimiento de América la Nueva Granada es representada como un espacio sin ningún color y esto significaba *tierras incógnitas* que fueron delimitadas en el planisferio Universalis Cosmographia según la tradición de Ptolomeo y seguía la representación que Américo Vespucci y otros cartógrafos de la época, tenían de las nuevas tierras.

Figura 1. Esquema de análisis de la resiliencia hídrica para cada tipo de sabana en estudio.



Fuente: Elaboración propia.

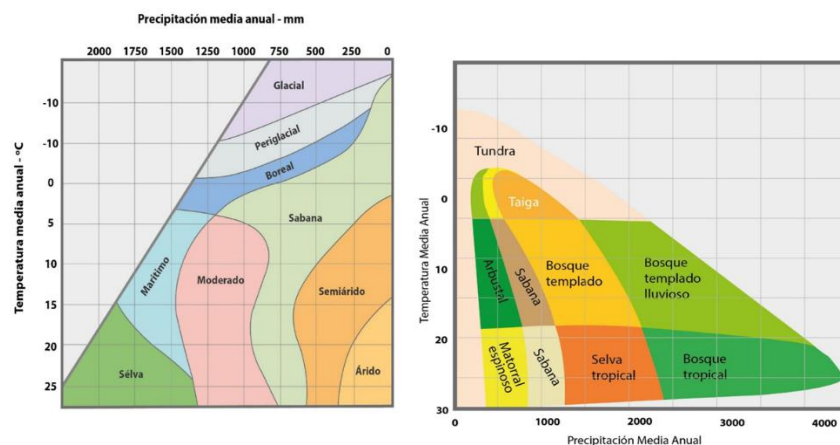
Esa tierra representada en el mapa actual como América, era una tierra incógnita para el conquistador, aunque se encontraba apropiada simbólicamente por el nativo. Comienza el

proceso de desterritorialización material e inmaterial con el renombramiento de los sitios que tenían esa identidad ancestral (nombres originales) para reemplazarlos por otros topónimos y así arrebatarse la tierra primero de forma simbólica en la cartografía y luego conformar los nuevos territorios de la corona española (IGAC, 1995).

Con el paso del tiempo la cartografía empezó a ser representada desde los países desarrollados de acuerdo con lo que más se conocía de la tierra que eran las zonas climáticas, para lo cual se utilizaron dos variables: la precipitación y la temperatura. Estos elementos permitieron a los geógrafos y ambientalistas determinar biomas, hábitat y paisajes que aún persisten en la historia escrita de las metodologías coloniales.

En la Figura 2 se presentan dos diagramas inspirados en Peltier (1950) que se utilizan para definir los límites de las sabanas naturales en el mundo a partir de los elementos climáticos antes mencionados, aunque puede observarse que los rangos de precipitación y temperatura no son los mismos, no obstante, la categoría sabana se mantiene. Esta representación del clima, los biomas, los ambientes morfogenéticos o los ecosistemas distan de las condiciones colombianas identificadas en los estudios locales, caso concreto del Andén Pacífico en donde la precipitación puede alcanzar los 9000 mm/año y la temperatura valor superior a 28°C estas tierras no es posible identificarlas en ninguno de estos nomogramas.

Figura 2. Diagrama para identificar sabanas a través de regiones morfogenéticas y tipos de biomas.



Fuente: Peltier, 1950

La comparación entre diagramas muestra a la categoría sabana como un tema común, lo que indica algún interés particular en este tipo de tierras. Poco a poco este tipo de paisaje y de bioma fueron perfilándose en su estudio hasta determinar la potencialidad agrícola sin que en esta representación se incluyan otras variables tales como el suelo o las coberturas vegetales en cuyo caso las características estructurales se limitan a mostrar un predominio de la cobertura herbácea.

Otro elemento que permitió escoger a las sabanas como elementos susceptibles de comparar fue la reciente delimitación de la frontera agrícola en Colombia (MADR-UPRA, 2018), que frecuentemente revisa los planteamientos en estas áreas mediante la exclusión de tierras que están en una categoría ambiental y que jurídicamente tienen prioridad o que deben preservarse o también aquellas tierras que tienen coberturas selváticas naturales. La reciente actualización permitió pasar de 39.239.481 a 39.087.441 hectáreas que equivalen al 34,4% de las tierras continentales (IGAC, 2021).

En relación con las áreas productivas y la representación de la frontera agrícola como categorías agropecuarias, surge un interrogante, pues supone un mismo comportamiento; sin embargo, cada unidad de tierra en particular cuenta con diferente grado de resistencia a la degradación y su respuesta puede ser diferente cuando se establece un sistema agrícola intensivo. La susceptibilidad a la degradación aumenta cuando la aptitud real es la de ganadería extensiva o seminómada y se establecen cultivos intensivos. En este caso particular la resiliencia hídrica puede observarse según el balance entre oferta y consumo de agua cuando se plantan cultivos así sea definidos en la instancia de una propuesta o a través de planeación del uso para esas sabanas.

El análisis comparativo se realizó para sectores de la sabana estacional de la Orinoquía y de la sabana del altiplano, localizadas en regiones diferentes no muy distantes, cada una de ellas con usos agrícolas planificados dentro de la frontera agrícola y con requerimientos específicos de agua. La finalidad de este ejercicio es conocer el grado de impacto que se ocasiona al sistema natural y conocer el nivel de resiliencia hídrica o capacidad que tienen estas sabanas a la extracción continua de agua para los usos intensivos.

Los pasos generales fueron los siguientes:

- Caracterización de las sabanas del altiplano y la sabana estacional colombiana
- Análisis de la relación suelo agua
- Identificación de los suelos hidro-conductores
- Averiguación del uso proyectado de acuerdo con el instrumento de planificación regional
- Conocimiento del consumo de acuerdo con el tipo de cultivo
- Identificación del impacto generado por el cambio de uso
- Conocimiento del nivel de resiliencia hídrica para cada tipo de sabana

El suelo no es visto como parte de la naturaleza, no es considerado como un elemento ambiental y a cada problema que se identifique tanto en lo productivo como en lo ambiental tiene una solución unilateral. Dentro de los programas de conservación de la naturaleza el papel de las compensaciones es muy claro, la tierra con aptitud minera puede degradarse si cumple su función en la economía, mientras que en otro sitio puede recuperarse a través de programas pactados con anterioridad a la intervención. Las compensaciones abren la puerta a la destrucción de la naturaleza y al deterioro de los suelos después de todo, las tierras en su contexto general tienen la posibilidad de restaurarse. En casos especiales se cree que al definir y delimitar áreas para la conservación y la preservación bajo el sistema de Parques Nacionales Naturales como una reserva ambiental se están aplicando usos proteccionistas que garantizan la sustentabilidad.

Para esta investigación que se adelanta se asume que los suelos son elementos del medio que prestan un servicio ambiental relacionado con la regulación hídrica y el mantenimiento del caudal base de los ríos; en tal sentido, la resiliencia hídrica es resultado del eclecticismo entre el agua y el suelo que es necesario estudiar cuando se decide la implementación de un uso sustentable y equilibrado con su entorno natural.

Las zonas de sabanas dentro de la frontera agrícola escogidas en esta comparación corresponden a un sector del altiplano asociado a los ríos Bogotá, Chicú y río frío en los municipios de Cota, Tabio, Tenjo, Chía, Cajicá y Zipaquirá en el departamento de

Cundinamarca, Colombia y el sector de sabana estacional de la Orinoquía localizada en Puerto Gaitán entre los ríos Iteviare, Tillava, Planas y Manacacías en el departamento del Meta en Colombia.

Los cultivos propuestos por la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria - UPRA para el Municipio de Puerto Gaitán en la sabana estacional de la Orinoquía indican que estas tierras tienen una aptitud moderada para cultivos de palma africana (SIPRA-UPRA, 2020) con un consumo estimado de agua de 2160 mm/año (Castro, Agualimpia y Suzuki, 2020) y para la sabana del altiplano con base en los cultivos presentes en los cuales Castro y Agualimpia (2015) evaluaron que para el cultivo de zanahoria se requieren 324,1 mm/año y para la papa 376,3 mm/año.

4. Resultados y discusión

La característica de la sabana estacional localizada en Puerto Gaitán (Meta) muestra una temperatura media anual que fluctúa espacialmente entre 24 y 28°C; de acuerdo con Agualimpia y Castro (2018) presenta un gradiente de temperatura espacial con descenso de la temperatura de 0,96°C, cuando se asciende 100 metros en los lomeríos (Figura 3).

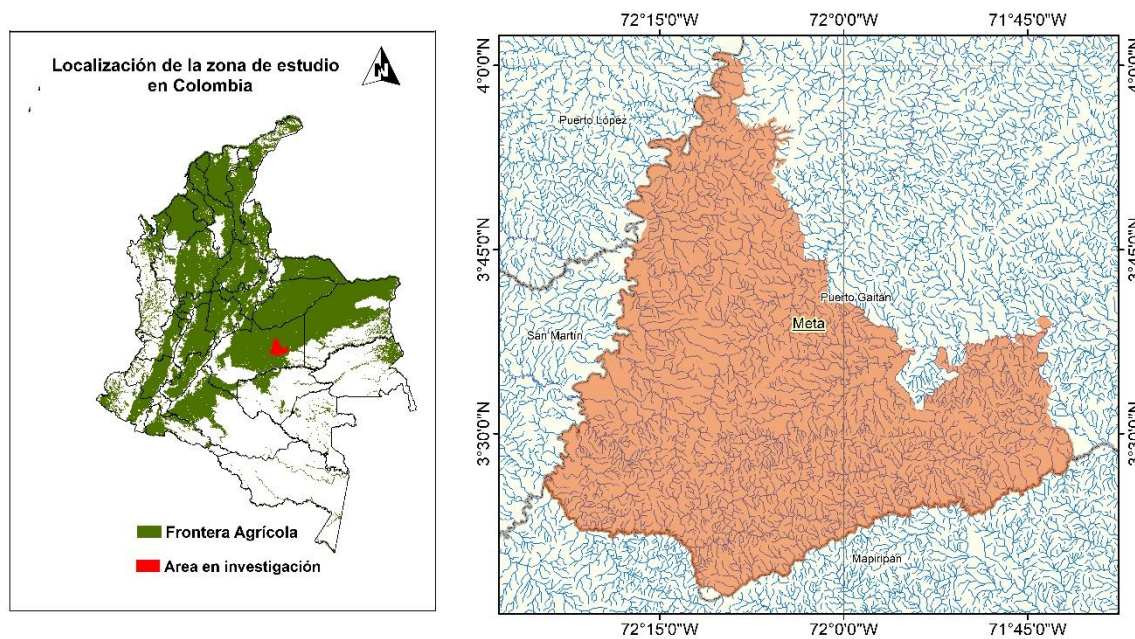
En cuanto al análisis temporal la estación de Puerto López tiene temperaturas más altas que Puerto Gaitán y las dos estaciones coincide en que durante los picos de lluvia entre junio y julio las temperaturas descienden un poco en relación con el promedio anual. La precipitación media varía entre de 2268 y 2632 mm/año siendo la parte más húmeda en la frontera con la selva amazónica y la más seca al norte; se distinguen dos períodos muy marcados, uno de ellos con abundantes precipitaciones entre mayo y octubre y uno seco entre noviembre y abril. El clima es cálido húmedo con distribución de lluvias monomodal que muestra al menos cuatro meses secos (Figuras 4 y 5).

Los paisajes dominantes corresponden a lomeríos con disecciones entre ligeras y moderadas cuya característica espacial es la presencia de relieve ondulado. La zona de estudio entre Tillava y Los kioscos representa las tierras de sabana con menores cambios altitudinales de toda la sabana estacional colombiana que se extiende hasta el departamento de Vichada; las tierras presentan baja densidad de drenajes debido a la aparición de costras

petroféricas que controlan la disección causada por las aguas de escorrentía. Los suelos son muy evolucionados con muy baja capacidad de intercambio de nutrientes, la característica química principal es la alta saturación de aluminio que frecuentemente supera el 90% y en consecuencia los suelos dominantes tienen reacción fuerte a extremadamente ácida.

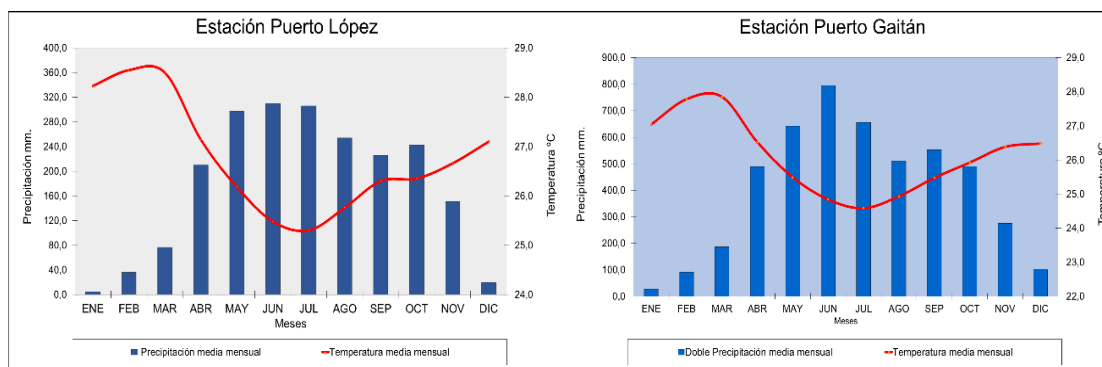
La cobertura vegetal común en laderas de las lomas es: chaparro orejemula (*Byrsonima verbascifolia*), alcornoque (*Bowdichia virgilioides*), pasto guaratara (*Axonopus purpusi*), chaparro manteco (*Byrsonima crassifolia*), saladillo (*Caraipa llanorum*), chaparro gigante (*Platycarpum orinocense*), chaparro bobo (*Palicourea rigida*), chaparro (*Curatella americana*), guayabo sabanero (*Psidium guineensis*).

Figura 3. Localización del sector de estudio en la sabana estacional colombiana, en el municipio de Puerto Gaitán, Departamento de Meta, Colombia.



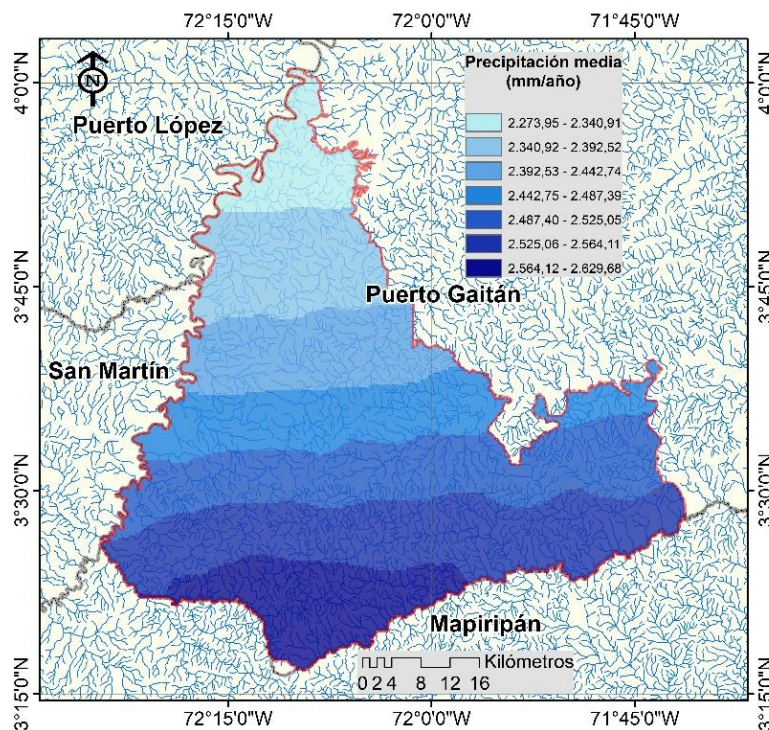
Fuente: MADR-UPRA, 2018.

Figura 4. Diagrama ombrotérmico de la sabana estacional sector Tillava- Los Kioscos
Puerto Gaitán Meta, Colombia.



Fuente: registros de las normal climatológica 1980-2010 IDEAM.

Figura 5. Distribución espacial de las lluvias en el sector de la sabana estacional de Puerto Gaitán, Meta. Se ilustra el incremento de las lluvias en el sentido norte - sur.



Fuente: Normal climatológica IDEAM (1980-2010)

En las zonas de relieve plano cóncavo predominan hierbas altas como: grama (*Repens L.*), rabo de zorro (*Andropogon bicornis*), rabo de vaca (*Andropogon hypogynus*), paja de sabana (*Andropogon virgatus*) y en los vallecitos algunas estructuras arbóreas como el gualanday (*Jacaranda mimosifolia. D. Don.*), laurel (*Licaria limbosa*), yarumo (*Cecropia peltata L.*), resbala mono (*Bursera simaruba*), saladillo (*Vochysia lehmannii*), palma de moriche (*Mauritia flexuosa*).

En las zonas encharcables, cercanas al río Manacacias, la especie *Eriocaulon melanocephalum* y la *Aciotis acuminifolia* fueron identificadas durante los recorridos y no cuentan con un nombre local.

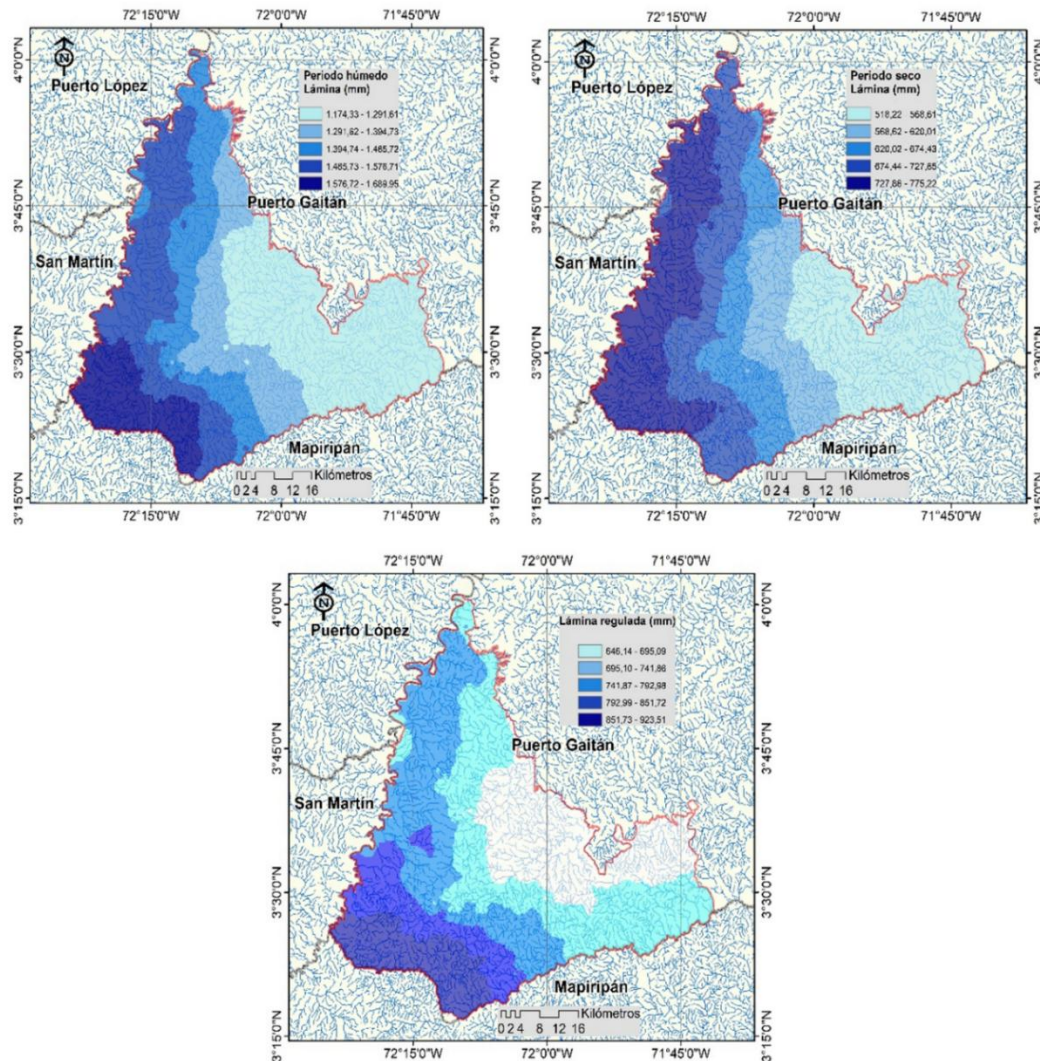
Se identificaron los suelos hidroconductores SHC, en terrenos bajos y lomeríos. Los sectores de acumulación de agua se encuentran en el valle estrecho en paisaje de palmas de moriche.

Estas tierras de relieve de glacis de acumulación y de lomas fueron clasificadas por IGAC (2015) como clases agrológicas 6 y 7 que en términos agrícolas tienen aptitud marginal, desde el enfoque ambiental corresponde a tierras frágiles debido a su condición de alta susceptibilidad física a los procesos degradativos y además sus propiedades químicas son muy limitadas y tienen una fertilidad natural muy baja.

En cuanto a propiedades hídricas los suelos están secos en un espacio mayor a 90 días lo que da un régimen de humedad ústico; la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo varía entre 50 y 120 mm.

La información reportada en el Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2018) para el sector de Tillava y Los Kioscos indica un agua regulada que va de 2393,97 y 1222,34 mm/año (Figura 6).

Figura 6. Escorrentía regulada entre períodos húmedos y secos en el sector Tillava - Los Kioscos, en Puerto Gaitán Meta.



Fuente: Estudio nacional del Agua, IDEAM (2018).

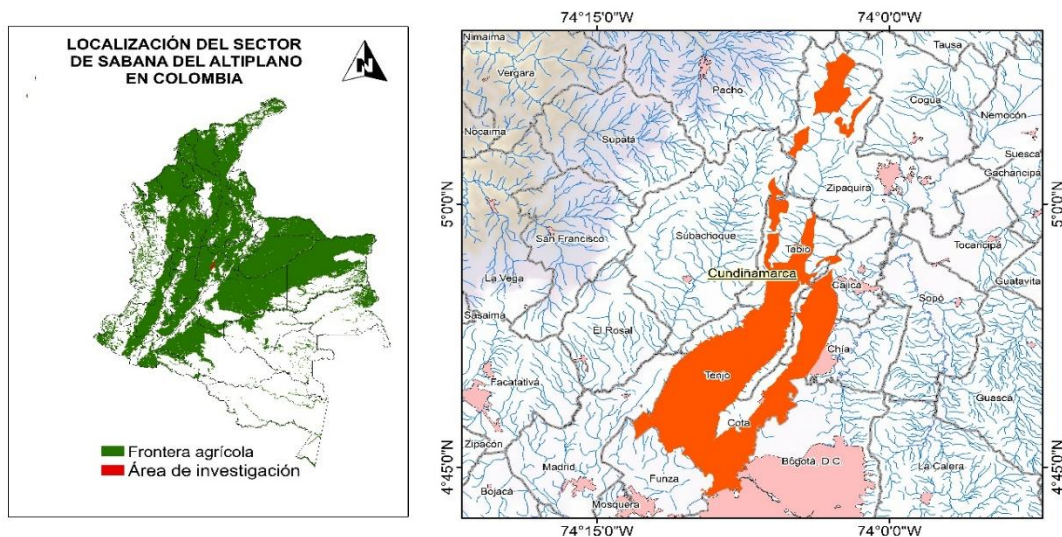
Se realizaron 21 pruebas de infiltración y 23 pruebas de conductividad en las unidades de suelos que ocupan mayor proporción en el paisaje.

Entre los problemas ambientales identificados en la sabana estacional está la utilización intensiva de las tierras con monocultivos de palma africana en proceso de planificación pensados para el departamento de Meta.

Características climáticas y de paisaje de la Sabana del altiplano

La característica del sector delimitado entre los municipios de Chía, Cota, Tabio, Tenjo, Cajicá y Zipaquirá correspondiente a la sabana del altiplano cundiboyacense presenta temperatura media anual que varían entre 13 y 14°C, con un gradiente de temperatura que disminuye de 0,64°C por cada 100 metros de altitud, la temperatura tiene variación menor debido a que se encuentra entre vertientes montañosas (Figura 7).

Figura 7. Localización del sector estudiado en la sabana del altiplano cundiboyacense, cercana a la ciudad de Bogotá, Colombia.



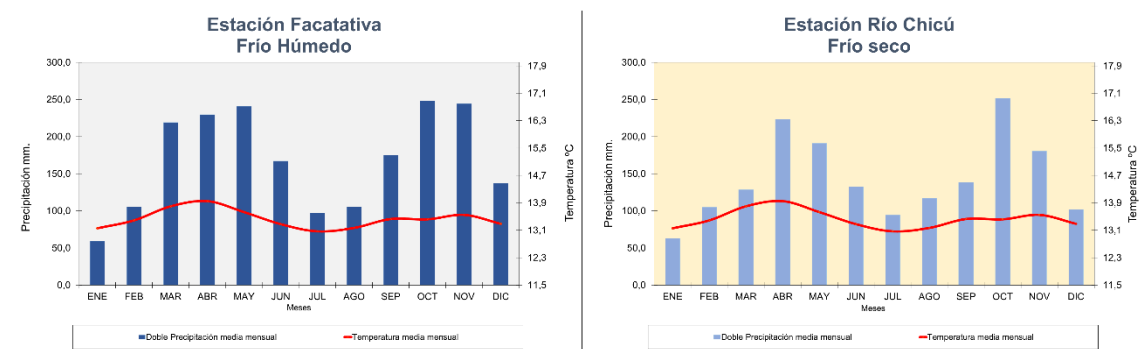
Fuente: MADR-UPRA, 2018

Las precipitaciones varían entre 670 mm/año y 1090 mm/año con mayor humedad al sur y una distribución menor hacia el oriente de la zona delimitada. El clima de la sabana del altiplano se clasifica como frío seco y frío húmedo y tiene una distribución de lluvias bimodal con picos de lluvias máximas en abril y octubre y moderadamente seco entre noviembre y marzo (Figuras 8 y 9).

El paisaje de sabana del altiplano está conformado por terrazas de origen lacustre en el que se identifican relieve de glacis en el paisaje de lomerío y tres niveles de terrazas fluviolacustres, con formas de terreno de talud. En la parte más baja hay valles estrechos y un plano de inundación asociado a la dinámica del río Bogotá. El relieve configura una

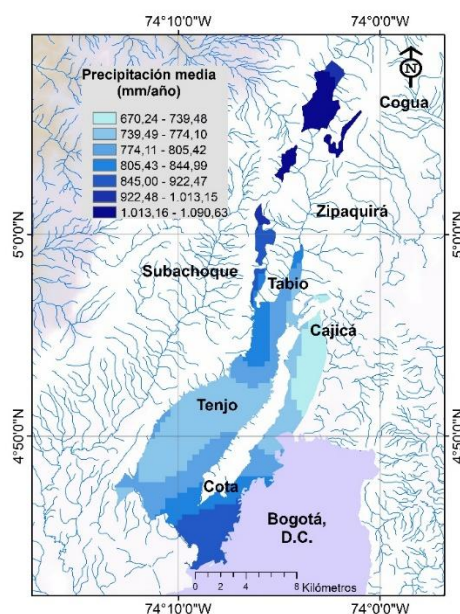
pendiente plana a ligeramente plana; los suelos dominantes son moderadamente evolucionados. En los sectores bajos los suelos se formaron a partir de arcilla transportada. En las terrazas del nivel medio hay abundantes depósitos de cenizas volcánicas y en la parte del glacis y terraza superior procesos de migración de arcilla y presencia de suelos con mayor evolución.

Figura 8. Distribución de lluvias en un patrón bimodal durante un año medio.



Fuente: Datos IDEAM 1980-2010.

Figura 9. Distribución espacial de la precipitación en sabanas de altiplano cundiboyacense.



Fuente: Elaboración propia con base en la normal climatológica 1980-2010.

Las coberturas vegetales de la sabana del altiplano se identificaron durante los trabajos de campo mediante recorridos con el dendrólogo Roberto Rodríguez del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Se encontró correspondencia entre especies indicadoras del clima, acorde con la distribución de los suelos en el paisaje.

En las terrazas superiores aún se encuentran especies nativas de estructura arbórea como el Palo Blanco (*Ilex kunthiana*), Cedro (*Cedrela montana*), Aliso (*Alnus acuminata*), Arrayán (*Mircysanthes leucoxylla*) y con mayor frecuencia se encontró el Sauco (*Sambucus peruviana*). Entre las especies arbóreas de menor tamaño encontrados en los recorridos están el Borrachero (*Datura arborea*), Papayuelo (*Carica cundamarcensis*), Alcaparro (*Cassia velutina*), Uva de Anís (*Cavendishia cordifolia*).

Las especies arbustivas predominantes en los glacis de acumulación de los cerros y en zonas de transición a los bajos de las terrazas son la Mora o Zarzamora (*Rubus floribundus*), el Platanito o Fucsia Arbustiva (*Fuchsia boliviana*), la Uchuva (*Physalis peruviana*), Higuerilla (*Ricinus communis*) y el Retamo Liso (*Cytisus monspessulanus*).

Las especies herbáceas que predominan en general en todas las formas de terreno de la sabana del altiplano son lengua de vaca o barbasco (*Rumex conglomeratus*), Romaza (*Rumex obtusifolius*), Gualola (*Polygonum segetum*) que abundan en barbechos de cultivo y borde de bajos en las terrazas lacustres junto con el pasto Kikuyo en asocio con variedades de trébol y otras especies de Poáceas.

En el borde de los humedales sabaneros se encontraron especies indicadoras de suelos hídricos como Botoncillo (*Bidens laevis*), Sombrilla de Agua (*Hydrocotyle ranunculoides*), clavito (*Ludwigia peploides*), Margarita de Pantano (*Senecio carbonelli*), también abundan en los planos de inundación del río Bogotá la Romaza (*Rumex obtusifolius*), Gratiola bogotensis, *Hydrocotyle spp* y *Juncus effusus*.

En un proceso aplicado para causar la desecación de la sabana del altiplano en tiempos de la colonia se introdujeron especies que se encontraron diseminadas en la zona estudiada. Estas especies fueron: Acacia azul (*Acacia cultriformis*), Acacia japonesa (*Acacia melanoxylon*), Acacia negra (*Acacia decurrens*), Acacia bracinga (*Albizzia lophanita*)

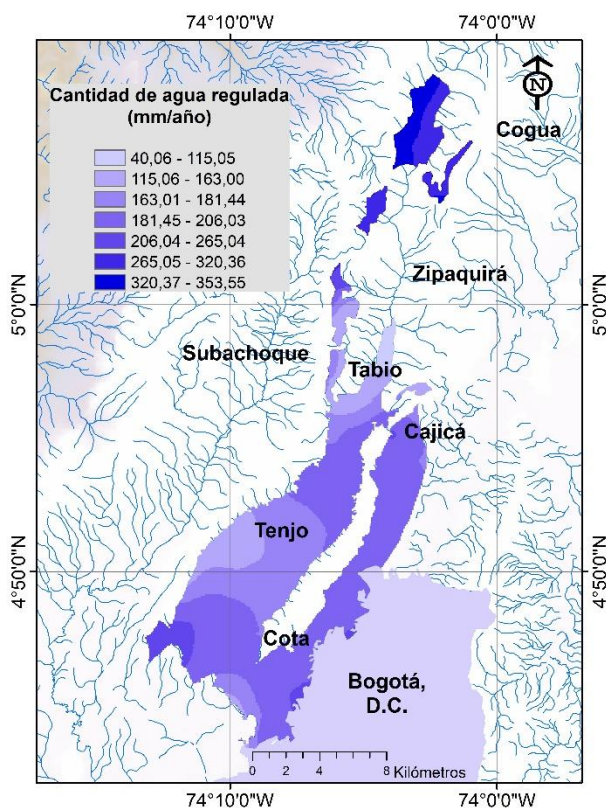
Chicalá (*Tecoma stans*), Ciprés (*Cupressus lusitánica*), Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), Eucaliptos plateado (*Eucalyptus cinérea*), Urapán (*Fraxinus chinensis*).

Durante el reconocimiento se identificaron los suelos hidro conductores SHC asociados a los ríos Frío, Chicú y Bogotá. El SHC que configura la mayor extensión hace parte del plano de inundación del río Bogotá (IGAC, 2011); adicionalmente para el Ordenamiento Ambiental de la Reserva Forestal de Van Der Hammen se encargó al IGAC el levantamiento de suelos en un sector de la sabana de Bogotá denominado Borde Norte y se identificaron suelos con aptitud moderada para la agricultura (CAR, 2011).

En general, la planicie fluviolacustre de la sabana del altiplano, conformada por glacis de acumulación, tres niveles de terrazas y un plano de inundación, fue clasificada por el IGAC (2011 y 2012) en cuatro clases agrológicas (2, 3, 4 y 5), que en términos agrícolas tienen aptitud entre muy alta y marginal; ambientalmente los suelos hídricos delimitados en el sector del Borde Norte de Bogotá cumplen una función ecosistémica que identifica tierras frágiles debido a la alta susceptibilidad a procesos de desecación de tierras, debido a que es una franja que provee de agua de manera subsuperficial al río Bogotá (Agualimpia y Castro, 2013). En cuanto a propiedades hídricas los suelos están húmedos la mayoría del año lo que da un régimen de humedad údico; la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo varía entre 200 y 300 mm.

La información reportada en el Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2018) para el sector de la sabana del altiplano, correspondiente a la diferencia entre escorrentía máxima y escorrentía mínima se presenta en la Figura 8. La información corresponde a 40,06 en el sector sureste sector en el municipio de Cota y 353,56 en Tabio. Muestra diferentes grados de disponibilidad de agua superficial (Figura 10).

Figura 10. Distribución de agua de escorrentía regulada entre períodos húmedos y secos del sector de la sabana del altiplano en los municipios de Chía, Cota, Tabio, Cajicá y Tenjo.



Fuente: Estudio Nacional del Agua IDEAM, 2018

En el sector estudiado se realizaron 26 pruebas de infiltración y 26 de conductividad hidráulica en las unidades de suelos predominantes en el paisaje.

Entre los problemas ambientales identificados en la sabana del altiplano están la urbanización de tierras con vocación agrícola, la ocupación de planos de inundación con unidades habitacionales y la propuesta de levantamiento de la Reserva Forestal Van Der Hammen para generación de complejos habitacionales.

En la Tabla 1 se reúnen los indicadores climáticos de la sabana estacional de la Orinoquía y la sabana del altiplano para realizar la comparación y se analizan diferencias sustanciales en los tipos de clima, en la distribución espacial y temporal de las lluvias; los suelos de la sabana estacional de la Orinoquía en su mayoría son altamente evolucionados (orden

Oxisol) y en el caso de la sabana del altiplano moderadamente evolucionados (ordenes Inceptisoles y Andisoles).

Es importante destacar que la mayor diferencia se encuentra en la capacidad de almacenamiento siendo de media a alta en la sabana estacional y en la sabana del altiplano muy alta y alta; esta información proviene de datos de suelos tomados de los estudios de suelos realizados por IGAC (2011), IGAC (2012) e IGAC (2015).

Tabla 1. Indicadores climáticos de las sabanas estacional y del altiplano.

Tipo de sabana	Temp. °C	Precipitaciones mm/año	Distribución de lluvias	Tipo de clima	Suelos dominantes	Principales características del suelo	Capacidad de almacenaje agua (mm)	Suelos hidroconductores
Sabana estacional	24 - 28	2268 - 2632	Monomodal	cálido húmedo	altamente evolucionados	muy bajo intercambio de nutrientes saturados de aluminio, poca materia orgánica	50 - 120	Humaquepts
Sabana del altiplano	13 - 14	670 - 1090	Bimodal	frío seco y frío húmedo	Mod. evolucionados	mediano intercambio de nutrientes, ligeramente ácidos, alto en materia orgánica	200 - 300	Fluvaquents, Endoaquepts, Melanaquands.

Fuente: IGAC (2011; 2012 y 2015).

La razón por la cual se hace la comparación de sabanas proviene del cambio de uso en tierras de América Latina y el ingreso de agronegocios en estas áreas que se encuentran mapeadas como áreas con vocación agrícola al acondicionarlas a los requerimientos y las necesidades de cultivos como la soya y otros cultivos agroindustriales que generan valor agregado cuando se procesan. En Colombia estas políticas neoliberales que apoyan la

inversión internacional pasaron por la definición de las áreas productivas (frontera agrícola) de Colombia en donde las sabanas ocupan la mayor extensión.

En ese contexto tanto la sabana estacional de la Orinoquía como la sabana del altiplano cundiboyacense cuentan con esa similaridad que se encuentra descrita en varios proyectos de planificación agrícola en los que se encuentran el cumplimiento del decreto 3600 de 2007, el CONPES 3797 de 2014 entre otros programas que se adelantan desde el Ministerio de Agricultura de Colombia.

En la Tabla 2 se resume el análisis del nivel de resiliencia hídrica medido es este proyecto de investigación a través de la presencia de suelos hidro conductores – SHC que muestran la concentración del escurrimiento de agua regulada en el suelo; complementariamente hay diferencias en cuando al ingreso de agua al suelo con la infiltración y cuando está saturado y tiene un movimiento en el sentido lateral; la sabana del altiplano es un poco más regulada.

Tabla 2. Niveles de resiliencia hídrica de las sabanas estacional y del altiplano.

Tipo de sabana	Suelos hidroconductores	Conductividad hidráulica (cm/h)	Infiltración (cm/h)	Clases agrológicas	Aptitud agrícola	Lámina regulada (Período húmedo y seco)	Lámina de agua mínima para agricultura anual	Nivel de resiliencia hídrica
Sabana estacional	Humaquepts	Moderadamente rápida (44%)	Moderada a Moderadamente lenta (70%)	6 y 7	Muy baja (silvopastoril)	1172,66	1807 mm	Muy baja
Sabana del altiplano	Fluvaquents, Endoaquepts, Melanaquands.	Moderada a Moderadamente rápida (70%)	Moderadamente rápida a lenta (69%)	2, 3, 4 y 5	Alta (cultivos limpios)	337,86	324 mm	Media a alta

Fuente: IGAC (2011; 2012 y 2015).

Con las herramientas técnicas y jurídicas proporcionadas por el decreto 3600 de 2007 se encuentra que hay mayor capacidad productiva natural en la sabana del altiplano cundiboyacense, mientras que la sabana estacional de Puerto Gaitán (Meta), la aptitud

agrícola es muy baja, representada en las clases agrológicas 6 y 7, identificadas por el IGAC (2015). Esto demuestra que solo pueden utilizarse sin riesgo deterioro en sistemas silvopastoriles en períodos de alta humedad. Concluyendo mediante el análisis de estas variables representadas en la cantidad de agua regulada en períodos húmedos y secos la sabana estacional de la Orinoquía regula mayor cantidad debido a que los períodos mantienen un alto contraste entre excesos y déficit; mientras que en la sabana del altiplano hay menor cantidad de lluvias, aunque el déficit se distribuye en dos períodos más cortos y esto da mayor peso a la alta capacidad del suelo para almacenar el agua. Como resultado, el nivel de resiliencia de la sabana estacional en Puerto Gaitán (Meta), es baja debido a que los suelos almacenan poca agua; en contraste en la sabana del altiplano el nivel va desde medio a alto, debido a su alta capacidad de retención de humedad aprovechable. En consecuencia las tierras del altiplano tienen mayor capacidad para almacenar agua en los suelos.

5. Conclusiones

La resiliencia hídrica de las sabanas fue definida para este proyecto como la capacidad que tienen estas tierras para afrontar el uso intensivo sin que esto ocasione la disminución del caudal base de los ríos y sin que se desencadene el desequilibrio ambiental. Las tierras de las sabanas pierden su condición natural de auto regenerarse al superar la capacidad que tienen estas tierras para la agricultura.

Los procesos de planificación deben establecer programas diferenciales para no permitir el aprovechamiento excesivo de agua superficial y la desaparición de los ríos y las quebradas. Cada tipo de sabana tiene un nivel de resiliencia hídrica único; para el caso estudiado la sabana del altiplano, aunque recibe menor cantidad de agua, esta se distribuye en el tiempo en dos períodos húmedos; en la sabana estacional de la Orinoquía, a pesar de que se regula mayor cantidad de agua de escorrentía, su distribución monomodal le confiere a estas tierras una fragilidad ambiental hídrica. El uso intensivo del recurso hídrico impacta al medio natural y produce la pérdida de la biodiversidad y genera la activación de los procesos degradativos.

El análisis de la resiliencia hídrica a partir del contraste entre sabana estacional de la Orinoquía y sabana del altiplano permitió revisar la historia de Colombia a través del concepto “creación de la territorialidad” y de los nuevos enfoques políticos. En esta investigación se propusieron formas novedosas para interpretar los datos cuantitativos generados desde las entidades estatales en materia de oferta hídrica. Es posible a través de estos resultados propiciar investigaciones que dirijan su mirada a la conformación de la nueva institucionalidad colombiana, en la cual se consideren como importantes los usos intensivos de las sabanas.

Reflexión final

La resiliencia hídrica de la sabana estacional de la Orinoquía y de la sabana del altiplano es dependiente de los requerimientos de agua basados en la oferta natural y en el uso consuntivo derivado de cada tipo de cultivo. Si se identifican los Suelos Hidro Conductores -SHC-, se controla la funcionalidad ecológica y se promueve el transporte de nutrientes necesario para garantizar la resiliencia hídrica, la cual es posible analizar desde la capacidad natural de las tierras, no desde la resiliencia fortalecida con inversiones locales costosas y con beneficio a otros.

6. Referencias bibliográficas

- Agualimpia, Y., y Castro, C. (2016). Análisis de posibles conflictos entre usos agrícola, rural, urbano y ambiental de los suelos. *Revista Ingeniería y Región*, 16(2), 85-94. <https://doi.org/10.25054/22161325.1303>
- Agualimpia, Y., y Castro, C. (2013). Capacidad de reserva de agua en los suelos del Borde Norte de Bogotá. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(1), 55-61. <https://bit.ly/35JGT8R>
- Arizmendi, J. (6 de junio de 2018). *En el marco del día mundial del medio ambiente, agua capital propone acciones ante la actual crisis de agua en la CDMX*. Somos Hermanos. <https://bit.ly/3LaRWs3>

- Albarracín, G., y Casas, R. (2015). *El deterioro del suelo y del ambiente en la Argentina. Erosión y degradación de suelos*. Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura. <https://bit.ly/3Gt6qjl>
- Grupo Banco Mundial. (2016). *Tierras agrícolas (% del área de tierra)*. <https://bit.ly/3u8z8ng>
- Grupo Banco Mundial. (2018). *Tierras agrícolas (% del área de tierra)*. <https://bit.ly/3J8TrVX>
- Campos, B., y Sierra, L. (2018). *Etnografía y resiliencia en ciudades costeras del caribe mexicano*. Universidad de Quintana Roo Chetumal.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2011). *Plan de Manejo Ambiental de la Reserva Forestal Regional Productora 4-1 del Norte de Bogotá D.C. "Thomas van der Hammen"*. Recuperado el 27 de octubre de 2014. <https://bit.ly/35Rdee8>
- Castillo, M., Velásquez, D., Chávez, R., y Camacho, J. (2019). *Resiliencia en ciudades costeras del caribe mexicano ante desastres por huracanes*. Universidad de Quintana Roo. <https://bit.ly/3J7QQLF>
- Castro, C., y Agualimpia, Y. (2015). Análisis de Proyección de la Demanda de Agua para el Uso Agrícola de un Sector de la Sabana de Bogotá. *Tecnogestión: una mirada al ambiente*, 12 (1). <https://bit.ly/3Hxd75e>
- Castro, C., Agualimpia, Y., y Suzuki, J. (2020). Conservación de ecosistemas de la Sabana Estacional Colombiana. Una propuesta de armonización de instrumentos jurídicos y de gestión. *Revista Derechos Fundamentales a Debate*, (13), 131-169. <https://bit.ly/3AVQ5Tj>
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2014). *Política para el desarrollo integral de la Orinoquía: Atillanura - fase I*. <https://bit.ly/3Hwqse7>
- Decreto 2245 de 2017 [con fuerza de ley]. 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. 29 de diciembre 2017. D.O. No. 50.461.
- Decreto 3600 de 2007 [con fuerza de ley]. Por el cual se reglamentan las disposiciones de las Leyes 99 de 1993 y 388 de 1997 relativas a las determinantes de ordenamiento

del suelo rural y al desarrollo de actuaciones urbanísticas de parcelación y edificación en este tipo de suelo y se adoptan otras disposiciones. 20 de septiembre de 2007. D.O. No. 46.757.

Erquicia, A. (2 de octubre de 2019) *La resiliencia del agua frente al cambio climático. Atalayar entre dos orillas*. <https://bit.ly/3sgmZdi>

DW Documental. (12 de septiembre de 2020). *El aguacate - El lado oscuro del superalimento* [Archivo de video]. <https://www.youtube.com/watch?v=IWqUSGJg1eU>

EMBRAPA (2015). *Solos Frágeis. Caracterização, manejo e sustentabilidade*. Embrapa. <https://bit.ly/3JdNdEf>

Fluence news team. (7 de noviembre de 2019). *¿Qué es Resiliencia del Agua?* Fluence Corporation. <https://bit.ly/3J7wAKu>

Fundación Fensa. (28 de octubre de 2019). *Para reflexionar: resiliencia hídrica en nuestras ciudades*. <https://bit.ly/3gmKyLZ>

Holling, C. (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, 1-23. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>

Iniciativa ciudades resilientes al clima en América Latina. (mayo de 2018). *hacia la resiliencia hídrica en paisajes urbano-amazónicos: Estrategias para Tarapoto y la microcuenca del Río Cumbaza (Perú)*. <https://bit.ly/3rqySOv>

Instituto de Climatología, Hidrología y Estudios Ambientales. (2018). *Estudio Nacional del Agua 2018*. <https://bit.ly/3HwOWE5>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (1995). *Los Nombres Originales. De los territorios, sitios y accidentes geográficos de Colombia*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1995.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2011). *Levantamiento Detallado de Suelos en las Áreas Planas de los Municipios de Cota, Tabio y Tenjo. Departamento de Cundinamarca. Escala 1:10.000*. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI 2011. <https://bit.ly/3uqqEYJ>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2012). *Levantamiento Detallado de Suelos en las Áreas Planas de 14 municipios de la Sabana de Bogotá. Departamento de*

- Cundinamarca. Escala 1:10.000. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI 2012. <https://bit.ly/3B1vT2w>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2015). *Levantamiento semidetallado de suelos del sector Tillava los Kioscos en el municipio de Puerto Gaitán, Meta*.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (17 de junio de 2021). *FORO: Agrología, clave para el ordenamiento integral del territorio* [Archivo de video]. https://www.youtube.com/watch?v=ZEK5uB_9nU4&t=1202s
- Lois, C. (2018). *Terrae Incongnitae: Modos de pensar y mapear geografías desconocida*. Editorial Universitaria de Buenos Aires.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). Política para la gestión sostenible del suelo. <https://bit.ly/3uxsA1P>
- 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. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria - UPRA, 2014. <https://bit.ly/3HsWW9i>
- Panitch, L., y Gindin, S. (2015) *La construcción del capitalismo global. La economía política del imperio estadounidense*. AKAL.
- Peltier, L. (1950), The geographic cycle in periglacial regions, as it is Related to Climatic Geomorphology. *Annals of the Association of American Geographers*, 40(3), 214–236. <https://bit.ly/3ut3EbK>
- Peñalosa, A., y Bruebach, K. (22 de marzo de 2019). *La resiliencia hídrica y el futuro de las ciudades*. Forbes. <https://bit.ly/35RmC1m>
- Prieto, E. (2013). Resiliencia y Panarquía: claves para enfrentar la adversidad en sistemas sociales. *Multiciencias*, 13(1), 23 – 29. <https://bit.ly/3GwMXOK>
- Sousa Sants, B. (2010). *Descolonizar el saber, reinventar el poder*. Trilce - extensión Universidad de la República. <https://bit.ly/32XPGTG>
- Sistema de Información para la Planificación Rural Agropecuaria. (s.f.). *Herramienta de planificación rural*. Recuperado el 17 de junio de 2020. <https://sipra.upra.gov.co/>
- WWF (15 de abril del 2021). *Shapefile de biomas del mundo*.