



VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA  
ESTIMACIÓN DE LOS MÓDULOS DE CONSUMO DEL  
AGUA

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE  
DIRECCIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO  
GRUPO DE ADMINISTRACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

BOGOTÁ, D.C., COLOMBIA

DICIEMBRE DE 2019

## 1 INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene los resultados de la consolidación de una propuesta metodológica para la definición de los módulos de consumo de agua, como apoyo para el establecimiento de la demanda de agua real para las diferentes actividades como estrategia de promoción para el uso eficiente y ahorro del agua. Específicamente, a continuación, se presentan los resultados de los ejercicios de definición y validación de una propuesta conceptual y metodológica para el diseño de módulos de consumo de agua a nivel nacional para las diferentes actividades económicas en el país.

El proyecto se enmarca en cuatro instrumentos normativos, **i)** en las bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, en donde se asigna la obligación al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (en adelante, MADS) el diseño de los módulos de consumo de agua para los sectores prioritarios; **ii)** en el CONPES de Crecimiento Verde, el cual establece que el MADS formulará en coordinación con el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (en adelante, IDEAM), la metodología a nivel nacional para definir los módulos de consumo de agua en los cultivos priorizados por estas entidades en 2019; **iii)** en la Política Nacional para la Gestión del Recurso Hídrico (en adelante, PNGRH) que tiene como objetivo general garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico mediante una gestión y uso eficiente y eficaz; y, **iv)** la guía de Uso Eficiente y Ahorro del Agua la cual busca orientar a las autoridades ambientales frente a la promoción, seguimiento y control del uso eficiente del recurso hídrico y, orientar a los concesionarios del recurso hídrico respecto de la planificación, formulación, implementación y seguimiento de medidas para alcanzar el uso eficiente y ahorro del agua mediante la formulación e implementación de los programas de uso eficiente y ahorro del agua (en adelante, PUEAA).

El documento se estructura en tres capítulos fundamentales. En el primer capítulo se expone la selección de las actividades económicas y lugares en las cuales se enfocaron los ejercicios piloto que validaron la propuesta conceptual y metodológica. En el segundo capítulo, se registran las actividades y conclusiones que aportaron al proceso de desarrollo conceptual y metodológico. También se incluye la propuesta para el diseño de los módulos de consumo de agua finalmente acordada por la mesa de trabajo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (DGIRH) e IDEAM. Por último, se documenta el proceso de definición y validación de la propuesta para el diseño de módulos de consumo mediante el desarrollo de 5 ejercicios piloto (2 actividades económicas en tres lugares geográficos diferentes) así como los elementos que surgieron de los ejercicios para la retroalimentación del modelo conceptual.

## 2 SELECCIÓN DE ACTIVIDADES PRODUCTIVAS PARA EL DESARROLLO DE EJERCICIOS PILOTO

En este capítulo, se exponen los criterios de selección de actividades productivas y áreas para el desarrollo de los ejercicios pilotos en el marco del desarrollo de una metodología general para el diseño de módulos de consumo. Se plantearon dos criterios para la selección de actividades productivas y dos criterios para la selección de las áreas piloto (lugar geográfico) como se describe a continuación.

El objetivo de esta actividad es el de seleccionar dos (2) actividades productivas de entre las clasificadas por el reciente Estudio Nacional del Agua 2018 (IDEAM, 2018) entre la cuales se registran: **i)** agrícola, **ii)** energía, **iii)** pecuario, **iv)** piscícola **v)** doméstico, **vi)** industria, **vii)** minería, **viii)** hidrocarburos, **ix)** servicios y **x)** construcción. Estas actividades deberán ser analizadas en 3 ejercicios piloto en 3 lugares geográficos diferentes por actividad para un total de 6 ejercicios para cada actividad seleccionada en 3 lugares geográficos diferentes. De esta forma, se busca capturar los diferentes modelos de producción de los sectores que actualmente operan en nuestro territorio. Para evitar confusiones, es necesario hacer claridad sobre ciertos conceptos utilizados en el marco de este ejercicio de consultoría. A continuación, se definen algunos conceptos clave para el correcto desarrollo de los ejercicios piloto.

- **Actividad Productiva:** desde el punto de vista de la economía, la actividad o producción aporta valor agregado por creación y suministro de bienes y servicios, es decir, consiste en la creación de productos o servicios creando valor (cadena de valor) (Porter & Porter, 1985).
- **Ejercicio Piloto:** hace referencia a los trabajos de campo para la *exposición y evaluación* del modelo conceptual general propuesto para el diseño de módulos de consumo de agua para una actividad y región específicas. El ejercicio incluye la explicación magistral del marco general de análisis a los actores clave de la actividad seleccionada y pretende poner a prueba los aspectos conceptuales incluidos en el marco general bajo el modelo de producción seleccionado. De esta manera se espera que la información producida en campo pueda mejorar y/o incluir nuevos aspectos al marco conceptual y metodológico general.
- **Huella Hídrica Azul:** se refiere al consumo de los recursos hídricos azules (agua dulce), superficial o subterránea, en toda la cadena de producción de un producto. Consumo se refiere a la pérdida de agua desde los cuerpos de agua disponibles en superficie o acuíferos. La pérdida

ocurre cuando el agua se evapora, no regresa a la misma cuenca, es dispuesta al mar o se incorpora a un producto<sup>1</sup>.

## **2.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN**

Para la definición de las actividades y las respectivas regiones para el desarrollo de los pilotos, se establecieron criterios de selección en ambos aspectos. Los criterios buscan decantar la selección desde indicadores de tipo cuantitativos para hacer el método de selección replicable y verificable.

### **2.1.1 Criterios para la selección de actividades productivas**

Teniendo en cuenta que la PNGHR busca garantizar la sostenibilidad del recurso mediante el uso eficiente del agua es importante que, por una parte, la metodología aborde tales conceptos de sostenibilidad, eficacia y eficiencia de tal forma que el marco planteado sea sensible a tales variables. En el mismo sentido, la selección de las actividades para el ejercicio piloto debe reflejar los mismos conceptos alrededor del uso eficiente y la sostenibilidad del recurso hídrico. Desde este enfoque, es importante resaltar que una forma de impactar positivamente en los indicadores del agua es haciendo énfasis en los sectores que tienen la mayor participación en la demanda de agua, pero también en la forma como dicho sector hace uso del recurso. Por lo tanto, se planteó el uso de dos criterios para la definición de las actividades productivas **i) volumen total demandado a través del valor de la Demanda Hídrica Total (DHT)** y **ii) Eficiencia, entendida como la relación entre la huella azul y la DHT.**

### **2.1.2 Criterios para la definición de las regiones (lugares geográficos)**

Otro aspecto importante en los temas del uso del agua es la espacialidad. El contexto territorial predetermina en todos los casos la disponibilidad de recursos tanto naturales como humanos y las condiciones en los que estos son usados definiendo y/o alterando los procesos productivos.

De esta manera, la oferta natural de agua es un factor importante y en muchos casos limitante de los procesos de producción de bienes y servicios. Sin embargo, es claro que los efectos del desarrollo tecnológico han modificado este límite natural (Ellis, 2015; Foley et al., 2011) habilitando áreas de producción que anteriormente tenían algún tipo de restricción por recursos.

Por lo tanto, es importante definir la disponibilidad “*natural*” del recurso hídrico y la tecnología de producción en las actividades seleccionadas como criterio de selección de las regiones en donde se realizarán los ejercicios pilotos. Como consecuencia se proponen dos criterios para este ítem **i) oferta**

---

<sup>1</sup> [www.waterfootprint.org](http://www.waterfootprint.org)

del recurso hídrico medido a través del indicador del índice de aridez (Ia) y ii) el tipo de tecnología asociada al uso del agua en el modelo de producción.

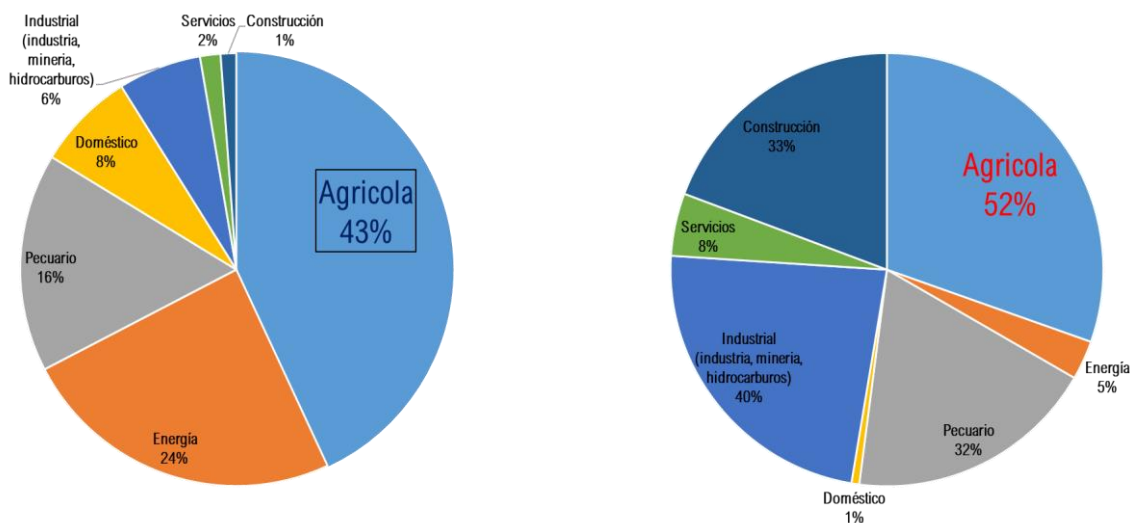
Los resultados presentados a continuación se derivan del análisis del reciente Estudio Nacional del Agua (ENA) 2018 y 2014 (IDEAM, 2014, 2018). También de estadísticas reportadas por la Federación Nacional de Arroceros – FEDEARROZ, el Departamento Nacional de Estadísticas (DANE), Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), Anuarios estadísticos de La Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (FEDEPALMA) y la plataforma AGRONET.

## 2.2 SELECCIÓN ACTIVIDADES PRODUCTIVAS

Retomando, los criterios definidos fueron i) *Volumen total demanda a través del valor de la Demanda Hídrica Total (DHT) y ii) Eficiencia, entendida como la relación entre la huella azul y la DHT.*

### 2.2.1 Demanda Hídrica Total Sectorial

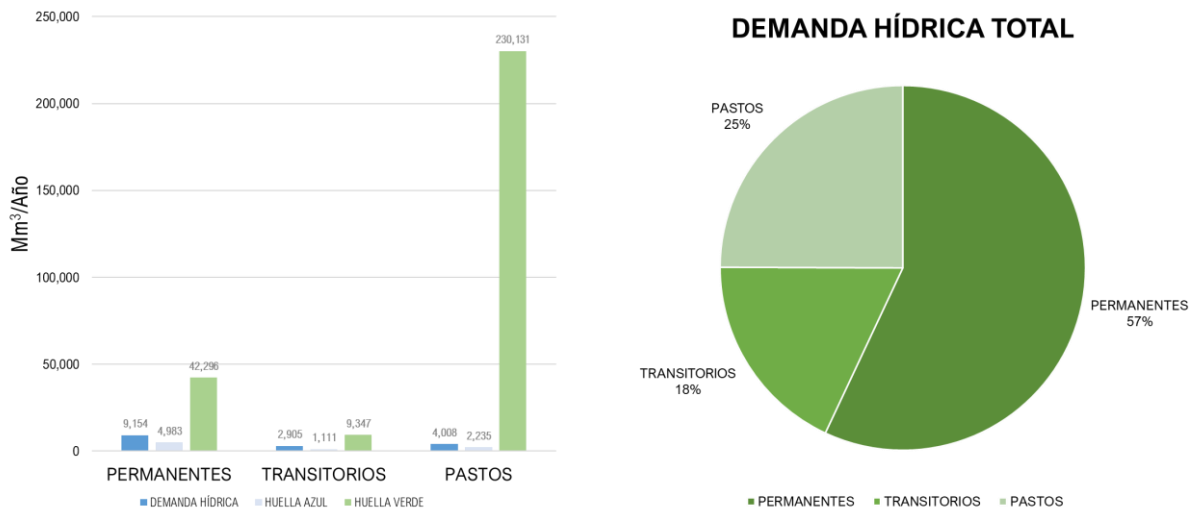
El capítulo Usos del Agua del ENA 2018 estimó las demandas hídricas totales sectoriales. Como se muestra en la **Figura 2-1**, el sector agrícola es el mayor usuario del agua en términos de volumen con el 43% de participación seguido del sector de generación de energía (principalmente el de embalses hidroeléctricos) y el sector pecuario con el 24 y 16% respectivamente. De esta forma, se puede concluir que el sector agropecuario es el responsable de más de la mitad de la demanda de agua en el país.



**Figura 2-1.** A la derecha, distribución de la demanda hídrica total sectorial. A la izquierda, la huella hídrica azul para cada actividad productiva. Fuente: (IDEAM, 2018)

En la misma figura, a la derecha se presenta la participación de cada sector referente a la huella hídrica azul. Una vez más el sector agrícola y el pecuario representan cerca del 84% del total demandado, mientras que la huella del proceso de producción se reduce a solo el 5%.

El sector agrícola, en el ENA 2018, es categorizado en tres grandes clases: **i)** permanentes, **ii)** transitorios y **iii)** pastos. La **Figura 2-2** muestra los volúmenes demandados naturalmente (huella verde) y por acción antropogénica (huella azul) para cada clase en la actividad agrícola. Como se puede apreciar, el componente de huella verde en algunas coberturas como el pasto implica grandes volúmenes de agua demandados al ciclo hidrológico que de otra forma se plasmarían en agua de escorrentía aumentando la oferta en los cauces. Sin embargo, dado que esta demanda es considerada “natural” no es asociada a los procesos de demanda del recurso hídrico. De todas formas, desde el punto de vista de organización productiva del territorio, la planificación de las coberturas juega un rol importante en la modificación de los componentes del ciclo hidrológico, un aspecto que puede ser objeto de discusión en escenarios de planificación productiva.



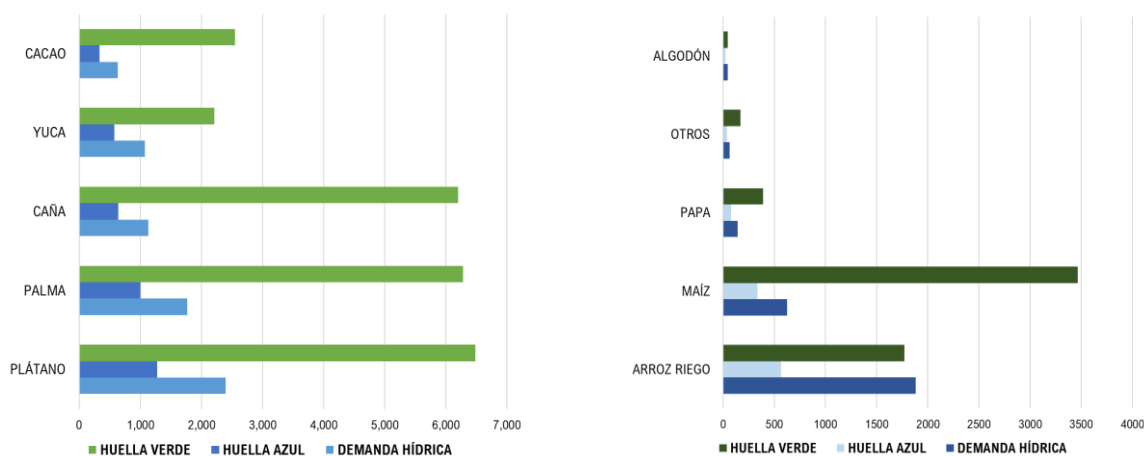
**Figura 2-2.** Demanda Hídrica Total, Huella Azul y Verde en Mm<sup>3</sup> para el sector agrícola. Fuente: (IDEAM, 2018)

Retomando los criterios de selección de actividades, la figura anterior permitió identificar a los cultivos permanentes como los de mayor demanda en términos de volumen de agua, cerca de 10.000 Mm<sup>3</sup> al año, esto es el 57% del total de la demanda hídrica total agrícola.

### 2.2.2 Eficiencia

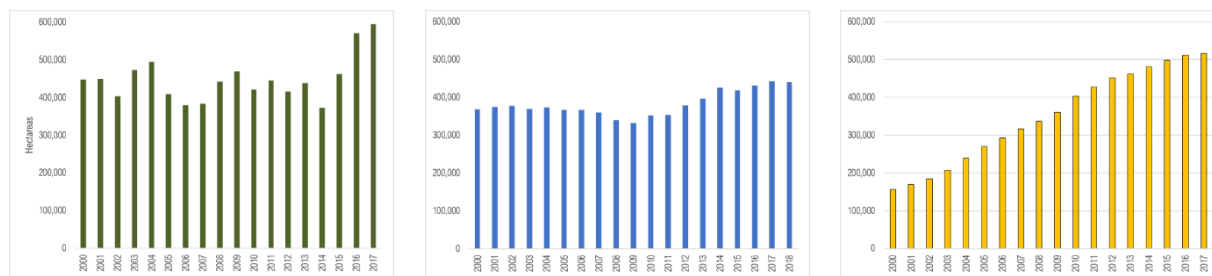
La **Figura 2-3** presenta los valores anuales demandados por cultivos permanentes y transitorios, por ejemplo, el cultivo del plátano presenta una demanda de 1280 Mm<sup>3</sup> seguido de la Palma de Aceite con 1001 Mm<sup>3</sup> y Caña de Azúcar con 640 Mm<sup>3</sup>. La relación entre el volumen de la huella azul y la demanda hídrica total es el valor de eficiencia, el cual de acuerdo con los datos esta alrededor del 55% para los tres subsectores. El mismo ejercicio en los cultivos transitorios permitió identificar que **i)** la huella azul del cultivo del arroz de riego es de cerca de 650 Mm<sup>3</sup> (similar a la de la Caña de Azúcar) y, **ii)** la eficiencia del sistema productivo de arroz en términos de aplicación del agua deficitaria es del 30%, es

decir, en términos de volumen de agua, el desperdicio en arroz es incluso mayor que en los cultivos de plátano, palma de Aceite y Caña de Azúcar.



**Figura 2-3.** Demanda Hídrica Total, Huella Verde y Huella en Mm<sup>3</sup>/Año para el top 5 de los cultivos permanentes (izq.) y transitorios (der.). Fuente: (IDEAM, 2018)

Adicionalmente, es importante reconocer la dinámica del área sembrada de los cultivos presentados, especialmente Plátano, Palma y Caña como se muestra en la **Figura 2-4**. Para el caso del arroz (en la figura a la izq.) se observó relativamente estable con oscilaciones de hasta 60.000 Ha. Entre 2000-2017 el área sembrada presenta una variación del 13% con un notable aumento progresivo desde 2016. El plátano (en la figura al centro), se observó relativamente estable con variaciones de hasta 35.000 Ha. ( $\pm 8\%$ ), entre 2000-2018, con un notable repunte desde 2009. Sin embargo, los valores de área sembrada de las fuentes consultadas (Agronet, MADR, Eval. Agrop. Munic., SIOC) no convergen y pueden variar hasta en 100.000 Ha lo cual genera gran incertidumbre en los valores reportados por el ENA 2018 en relación con los volúmenes demandados. Por su parte la Palma de Aceite presenta un continuo aumento desde su aparición en 1960 creciendo a una tasa promedio entre los años 2000-2017 de 23.000 Ha/año. Por lo tanto, y a partir del contexto anterior se plantean *a priori* los subsectores productivos de Palma de Aceite, Arroz y Plátano.

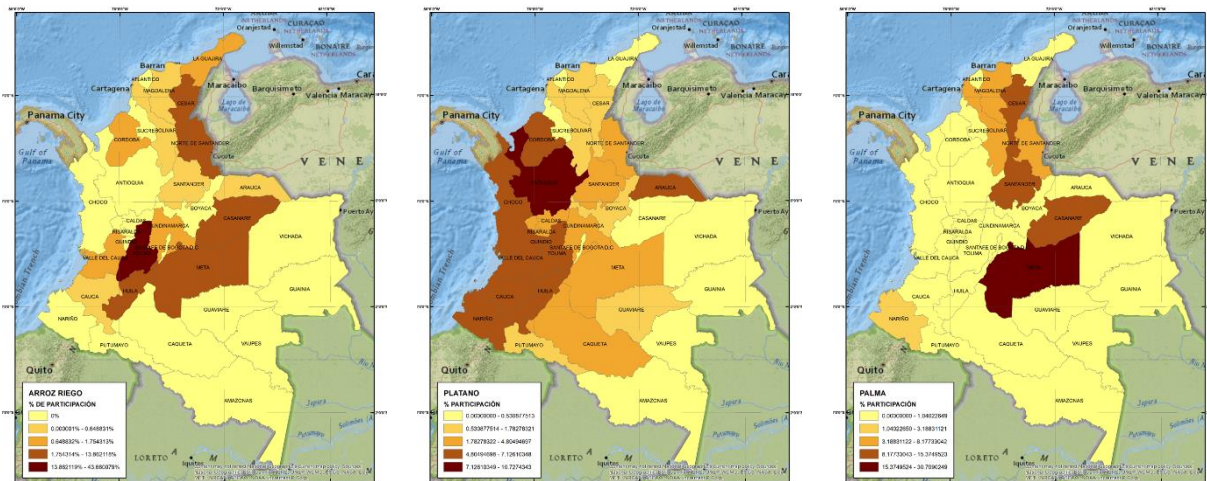


**Figura 2-4.** Evolución histórica de las áreas sembradas en Arroz (izq.), Plátano (centro) y Palma (Der.) Fuente: (DANE, 2017; FEDEPALMA, 2018; MADR, 2019)

### 2.3 SELECCIÓN DE REGIONES PARA EL DESARROLLO DE EJERCICIOS PILOTOS

Se recalcan los dos criterios para este ítem **i) oferta del recurso hídrico medido a través del indicador del Índice de Aridez (Ia)** y **ii) tipo de tecnología asociada al uso del agua en el modelo de producción.**

En primer lugar, se debe establecer que efectivamente las áreas presentan la actividad productiva. La **Figura 2-5** ilustra la distribución departamental de producción de Arroz, Plátano y Palma. El sector arrocero concentra su producción en el Tolima con cerca de 100.000 Ha seguido por el departamento del Huila con 32.000 Ha. En el mismo orden de magnitud los departamentos de Meta y Casanare presentan áreas en producción de arroz con cerca de 38.000 Ha agregadas en el Orinoco. El plátano concentra el 11% de su producción en el departamento de Antioquia seguido por el Valle del Cauca y Arauca en el extremo oriental del país con un 7% del total de las áreas en producción de Plátano para el 2016. Por último, la Palmicultura se distribuye principalmente en el Orinoco en los departamentos de Meta y Casanare, Magdalena Medio en Santander y Sur de Bolívar, región Caribe en Cesar, Magdalena y Catatumbo según las estadísticas del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR).



**Figura 2-5.** Departamentos con presencia de producción de arroz (izq.), plátano (centro) y palma de aceite (der.) Año 2016 Fuente: (MADR, 2019)

#### 2.3.1 Oferta del Recurso Hídrico – Índice de Aridez

El índice de aridez puede ser considerado como un índice hidroclimático ya que involucra elementos del balance hídrico como la evapotranspiración real y potencial (IDEAM, 2014). Cuantitativamente, la magnitud entre más cercana a cero indica excesos de humedad y por el otro extremo cuando tiende a uno indica déficit de humedad. Es evidente que la huella azul de los cultivos aumenta en la medida que el índice de aridez es más alto. También la variabilidad espacial del indicador infiere modelos de producción diferenciales que pueden ser interesantes para la retroalimentación del marco conceptual



y metodológico para el diseño de módulos de consumo (Figura 2-6), teniendo en cuenta que la restricción/oferta del recurso hídrico impone estrategias de producción diferentes, especialmente en el sector agrícola.

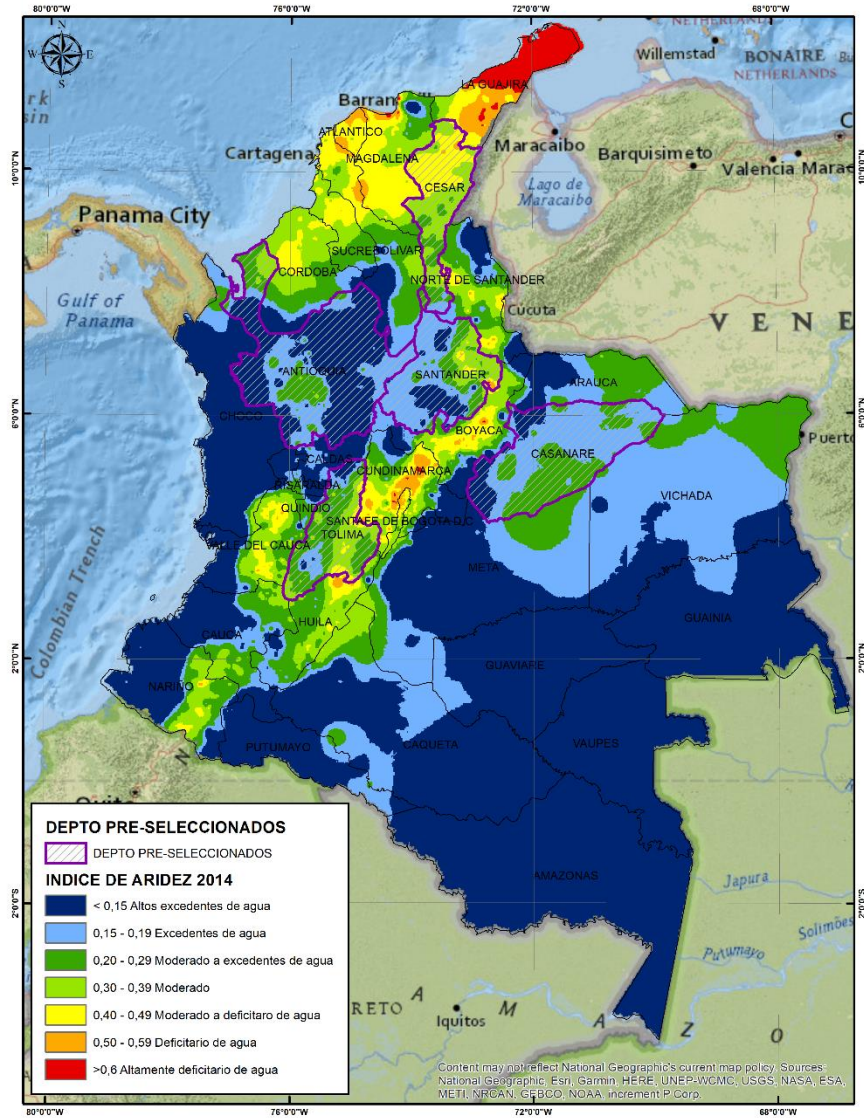


Figura 2-6. Índice de Aridez estimado ENA 2014. Fuente: (IDEAM, 2014)

Por lo tanto, se estimó la desviación estándar del índice de aridez de cada departamento para identificar aquellas áreas donde la variabilidad espacial sea alta (ver **Tabla 2-1**). Los datos indicaron que los departamentos que presentan mayor variación espacial del recurso hídrico son Cundinamarca, Boyacá, Valle del Cauca, Bolívar y Nariño (datos de ENA 2014).

**Tabla 2-1.** Desviación estándar del Índice de Aridez para cada departamento

DEPARTAMENTO	INDICE DE ARIDEZ STD	DEPARTAMENTO	INDICE DE ARIDEZ STD
CUNDINAMARCA	1.64	<b>ANTIOQUIA</b>	<b>0.81</b>
BOYACA	1.48	<b>ARAUCA</b>	<b>0.81</b>
<b>VALLE DEL CAUCA</b>	<b>1.46</b>	CAQUETA	0.77
<b>BOLIVAR</b>	<b>1.40</b>	<b>META</b>	<b>0.77</b>
NARIÑO	1.27	QUINDIO	0.75
NORTE DE SANTANDER	1.24	<b>CASANARE</b>	<b>0.66</b>
CORDOBA	1.20	VICHADA	0.63
CAUCA	1.09	RISARALDA	0.63
<b>SANTANDER</b>	<b>1.06</b>	CALDAS	0.52
LA GUAJIRA	1.03	CHOCO	0.51
<b>MAGDALENA</b>	<b>1.02</b>	ATLANTICO	0.47
SUCRE	0.99	PUTUMAYO	0.40
<b>HUILA</b>	<b>0.99</b>	GUAVIARE	0.26
<b>TOLIMA</b>	<b>0.94</b>	GUAINIA	0.25
<b>CESAR</b>	<b>0.82</b>	AMAZONAS	0.03
BOGOTÁ D.C.	0.81	VAUPES	0.00

### 2.3.2 Tecnología asociada al uso del agua en el modelo de producción

En la **Tabla 2-1** se han resaltado en negrilla los departamentos de mayor concentración de la producción de Arroz, Plátano y Palma de Aceite. En cada uno de ellos es posible encontrar distintas formas de satisfacer el déficit hídrico de sus cultivos como se muestra en la **Tabla 2-2**.

**Tabla 2-2.** Sistema de Riego encontrados en cada área por tipo de cultivo

DEPARTAMENTO	Arroz Riego	Plátano	Palma de Aceite
VALLE DEL CAUCA		Riego Superficie	
BOLIVAR			Riego Superficie Riego a Presión
SANTANDER			No Riego Riego a Presión
MAGDALENA			Riego Superficie Riego a Presión
HUILA	Riego Superficie		
TOLIMA	Riego Superficie		
CESAR	Riego Superficie	Riego Superficie Riego a Presión	
ANTIOQUIA		No Riego	
ARAUCA		Riego Superficie	
META	Riego Superficie		Riego Superficie
CASANARE	Riego Superficie		Riego Superficie Riego Subsuperficial

La aplicación de los cuatro criterios permitió definir las actividades productivas y lugares geográficos en donde tendrán lugar los ejercicios pilotos en el transcurso del 2019. Además, los criterios garantizan,

por un lado, que los logros de la metodología de diseño de módulos de consumo tengan impacto positivo significativo sobre sectores clave teniendo en cuenta que son los mayores usuarios del recurso hídrico y, en segundo lugar, que la metodología incorpore elementos diferenciales desde los sectores dada la variabilidad espacial de los modos de producción robusteciendo de esta manera el modelo conceptual. En resumen, de este capítulo:

- a) Los criterios de selección planteados permitieron identificar las actividades y áreas para el desarrollo de los ejercicios piloto,
- b) El sector agricultura se configura como un usuario clave en el marco de la gestión integral del recurso hídrico. Dentro de esta actividad, los sectores productivos de Palma de Aceite, Arroz y Plátano son los mayores demandantes de agua, al menos en términos de volumen. Sin embargo, de acuerdo con la revisión de información secundaria, no fue posible consolidar los valores de las áreas de producción en plátano pues en distintas fuentes los valores difieren significativamente generando incertidumbre en los volúmenes de agua demandada reportados en el ENA 2018. Adicionalmente, se observa que la dinámica de crecimiento de la Palma de Aceite supera la del Plátano planteando la posibilidad de que en el futuro cercano la demanda actual por agua del gremio Palmicultor crezca significativamente. Por lo tanto, se definió seleccionar el **sector Arrocero** por **i)** baja eficiencia en el uso del recurso hídrico (alrededor del 30%) y **ii)** volúmenes de agua total demandado en ordenes de magnitud similares a los de mayor demanda (Plátano y Palma) en los departamentos de **i)** Tolima, **ii)** Casanare y **iii)** Cesar por ser los de mayor concentración en la producción y presentar mayor variabilidad espacial en términos de oferta hídrica; y **sector Palma de Aceite** básicamente por demanda hídrica total la cual se espera aumente considerablemente en el corto plazo en los departamentos de **i)** Meta, **ii)** Santander y **iii)** Meta debido a que son los departamentos de mayor producción a nivel nacional, presentan diferentes sistemas de aplicación de riego suplementario y mayor variabilidad espacial de la oferta hídrica.

### **3 APOYO A LA DEFINICIÓN DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO DE MÓDULOS DE CONSUMO DE AGUA**

#### **3.1 REVISIÓN DE LITERATURA ACERCA DE ENFOQUES METODOLÓGICOS PARA LA ESTIMACIÓN DE MÓDULOS DE CONSUMO**

##### **3.1.1 Programa de los Estados Unidos**

En los Estados Unidos de América (EUA) el servicio Geológico (U.S.G.S.) es el responsable de cuantificar e informar acerca del uso del agua de la nación a través del Programa de Información Nacional del Uso del Agua (NWUIP en inglés). En resumen, para el año 2000 el programa recolectaba datos de uso del agua de agencias estatales y locales con el fin de dar soporte a programas regulatorios, fomentar el uso eficiente del agua y determinar las tasas por uso del agua. Sin embargo, la incertidumbre en la calidad de la información recolectada variaba ampliamente entre las distintas fuentes consultadas y representó un reto para las cuentas y propósitos del uso del agua en los EUA. Por lo tanto, y con el apoyo del Comité Nacional de Investigación (NRC) de los Recursos Hídricos del USGS se construyó un nuevo marco conceptual que busca alcanzar 3 objetivos principales:

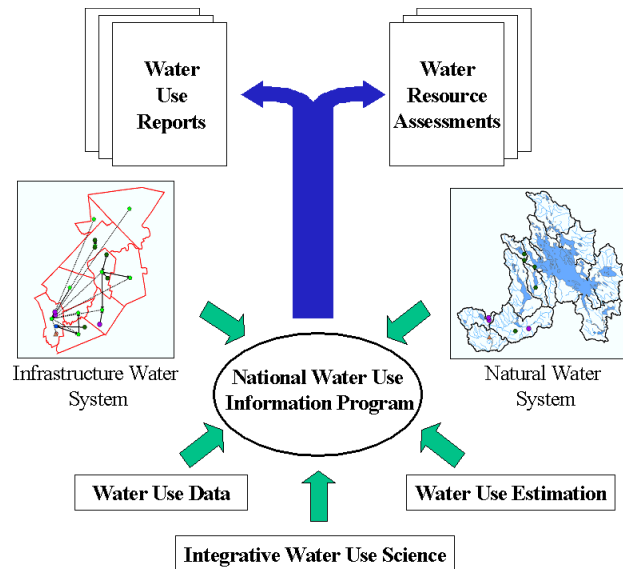
1. ***Mantener un exhaustivo inventario del recurso hídrico***; el cual busca comprender los efectos en los patrones espaciotemporales del uso del agua en lo referente a calidad, cantidad y sostenibilidad en el uso de los recursos hídricos.
2. ***Apoyar el aseguramiento del suministro de agua de la Nación***; manteniendo un monitoreo constante sobre las crecientes demandas de agua en algunos estados.
3. ***Apoyar la preservación de la calidad del agua y proteger los recursos ecológicos***; mediante la generación de conocimiento acerca de las relaciones entre los recursos hídricos y los recursos biológicos.

El marco propuesto por el NRC se presenta en la **Figura 3-1**. El marco representa la oferta de agua en el componente *Natural Water System* (ríos, lagunas, acuíferos, etc.) y la demanda en el componente *Infrastructure Water System* (bocatomas, sistemas de conducción, bombas, plantas de tratamiento, etc.), ambos son la representación física del territorio y su uso. Este sistema físico es alimentado por **datos y/o estimaciones de uso del agua** y por un **enfoque de investigación integral** sobre el uso del agua para el estudio de los patrones espaciales y temporales en el uso del agua.

El marco resalta la importancia del componente de investigación dado que es fundamental el entendimiento del rol de los usuarios del recurso hídrico y sus efectos sobre el ciclo hidrológico (National Research Council, 2002). En este sentido, el estudio asegura que la ciencia del agua es el elemento central para lograr los objetivos sobre el uso eficiente del agua.

Dentro de este marco conceptual, el componente directamente relacionado con los propósitos y objetivos de este proyecto está relacionado con los componentes de *Water Use Data*, *Water Use Estimation* y *Integrative Water Use Science*. En relación con los dos primeros, el NRC recomienda el uso de reportes y encuestas e inventarios de agencias nacionales, regionales y locales para determinar el

uso del agua diferenciado por categorías de uso (sector público, agricultura, termo-energía, etc.) y, el uso de técnicas estadísticas como muestreos aleatorios estratificados y análisis de regresión múltiple. En especial estos últimos produjeron resultados aceptables en los EUA teniendo en cuenta la relación beneficio-costos y además permiten involucrar otro tipo de variables como las anomalías climáticas, por ejemplo.



**Figura 3-1.** Marco conceptual para el Programa Nacional de Información de Uso del Agua  
Fuente: (National Research Council, 2002)

Finalmente, el NRC hace énfasis en dos aspectos: **i)** para dar alcance a los objetivos planteados, es necesario un gran esfuerzo en el desarrollo del programa de monitoreo del Uso del Agua al mismo nivel de los programas que aseguran el monitoreo de la oferta y **ii)** el NWUIP no es simplemente un programa de recolección de datos e información, sino además una herramienta para la evaluación de la sostenibilidad de los recursos hídricos (especialmente por la implementación del *Integrative Water Use Science*).

### 3.1.2 Estimated Use of Water in the United States in 2015

El reporte entregado por el USGS en 2018 (Dieter et al., 2018) acerca del uso del agua para el año 2015 en EUA es basado en los aspectos metodológicos expuestos anteriormente por el NRC (National Research Council, 2002). Sin embargo, dado los avances tecnológicos en la capacidad de los sensores remotos la estimación del uso consuntivo en agricultura se derivó del cálculo de la evapotranspiración a partir de los productos de datos de satélite del Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) de resolución de 1 km y el modelo Operational Simplified Surface Energy Balance (SSEBop)

para cada estado en los EUA. Estas estimaciones desde satélite son calibradas a partir de reportes de programas Federales y/o Estatales, distritos de riego y compañías que administran canales de riego. También son utilizados información de sistemas de riego por cultivo y coeficientes de cultivo.

### 3.1.3 Estudio Nacional de Agua 2018 (ENA 2018)

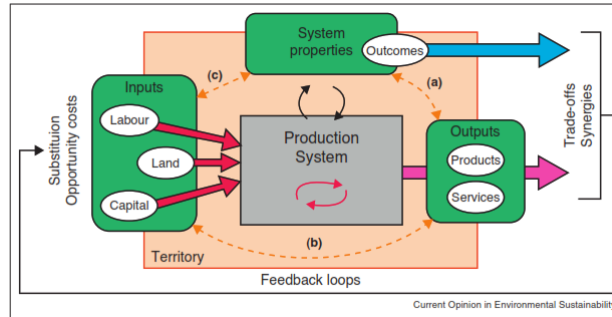
El marco conceptual del Estudio Nacional del Agua (ENA) 2018 (IDEAM, 2018) se sustenta en el ciclo hidrológico (ciclo del agua) y las interacciones del sistema natural con la sociedad y la economía. El ENA argumenta que el aprovechamiento eficiente y sostenible depende del grado de conocimiento que se tenga de los recursos, así como también de su *variabilidad* y el cambio climático. El estudio acerca de las dinámicas sociales y sectoriales que generan la presión a los recursos hídricos incluye el concepto de *integralidad* en el marco de la gestión de los recursos como requisito para un proceso eficiente en la planeación del territorio y seguridad hídrica basados en el conocimiento (concepto similar al *Integrative Water Use Science* del USGS). Sin embargo, vale la pena resaltar que en los EUA los aspectos relacionados con el uso del agua se hacen a través de todo un programa con recursos y responsables predefinidos, el NWUIP, mientras que en Colombia hace parte del reporte del Estudio Nacional del Agua.

El marco conceptual del uso del agua en el ENA es exclusivo del uso antrópico estimado (no medido), lo cual incluye los usos consuntivos, no consuntivos y los flujos de retorno a la cuenca. De esta manera, el método de estimación se desarrolla alrededor de los conceptos de demanda y huella hídricas (huella azul y huella verde) en base a información estadística reportada por los diferentes sectores.

### 3.1.4 Otras lecturas

**Guan & Hubacek** (Guan & Hubacek, 2008) resaltan la importancia de incluir los impactos en el hidro-ecosistema debido a los efectos de la calidad del agua. De esta manera proponen un enfoque analítico basado en modelación con entradas-salidas económicas combinado con un modelo hidrológico (que incluye calidad del agua) que integra las interacciones entre el sistema económico y el sistema natural.

En otro campo, el de la evaluación del cambio en el uso del suelo, **Erb et al.** (Erb et al., 2013) proponen un marco conceptual basado en enfoques de modelación y sistemas complejos para evaluar la intensidad en el cambio del uso del suelo integrando tres dimensiones (ver **Figura 3-2**): **i**) intensidad actual, **ii**) intensidad final y **iii**) los impactos asociados al sistema de producción basado en el uso del suelo (por ejemplo, cambios en los almacenamientos de carbono y biodiversidad).

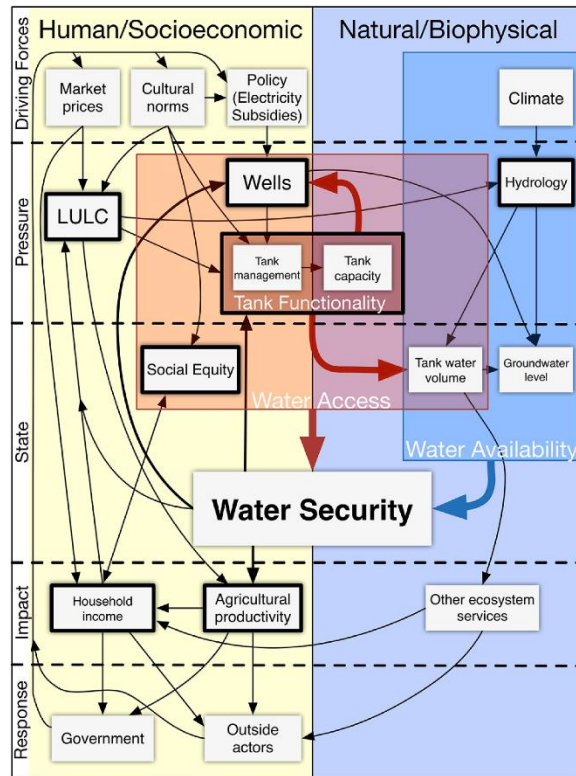


**Figura 3-2.** Marco conceptual para el análisis de intensidad en el uso de la tierra.  
Fuente: (Erb et al., 2013)

Si bien el campo de aplicación no es el del uso del agua (pero de alguna manera relacionado) lo importante en este marco es como a través de enfoques de modelación se pueden analizar sistemas complejos (incluyendo elementos de retroalimentación) que permiten desarrollar además indicadores de estado de los elementos involucrados en el análisis, análisis tipo trade-offs, sinergias y costo de oportunidad en la generación de estrategias para el uso eficiente del recurso hídrico.

En el campo de la seguridad hídrica, **Bitterman et. al.** (Bitterman, Tate, Van Meter, & Basu, 2016) proponen un modelo conceptual analítico que trata de comprender las relaciones de aprovisionamiento de agua por parte de pequeños agricultores en India. En el marco se resaltan los elementos forzadores, de presión, de estado, sus impactos y los responsables tanto para el sistema natural y el sistema socioeconómico.

El modelo evidencia las relaciones entre los diferentes elementos del marco conceptual y, por lo tanto, resaltando los elementos críticos dentro del esquema. Adicionalmente, agrega elementos que perturban el sistema, sus impactos y responsables lo cual es un ingrediente que permite articular el objeto de análisis con herramientas de gestión más allá del mismo tema, en este caso la seguridad hídrica.



**Figura 3-3.** Red causal para la seguridad hídrica.  
Fuente: (Bitterman et al., 2016)

### 3.2 EXPERIENCIAS CORPORACIONES AUTÓNOMAS

Desde el proyecto se solicitaron a las corporaciones autónomas el estado al respecto de la estimación de módulos de consumo de agua para realizar un estado del arte desde los enfoques locales. A continuación, se presenta una matriz resumen de las guías presentadas por CORPORINOQUÍA (2010), CORPOCALDAS (2011), CORNARE (2012), CAR (2015) y CVC (2018). La revisión de las metodologías se enfocó en aspectos conceptuales y definiciones, la escala de trabajo (tiempo y espacio), los sectores que abordan las guías especialmente el sector agrícola, pecuario y piscícola, y algunas observaciones relevantes para la construcción del marco general.



**Tabla 3-1.** Resumen de las guías de cálculo de módulos de consumo consultadas.

CAR	DEFINICIÓN	ESCALA TEMPORAL	ESCALA ESPACIAL	USO CONSUNTIVO			OBSERVACIONES
				AGRICULTURA	PECUARIO	PISCICOLA	
CORPORINOQUÍA (2010)	Cantidad de agua necesaria expresada en una medida para ser utilizada en una actividad específica desarrollada por el hombre.	Mensual	Regional	Análisis Hidrológico Blaney-Cridde Mod. + Eficiencia de Aplicación	<p>Bovinos: Consumo por Animal /Día Diferenciado por Estado.</p> <p>Equinos y Porcinos: Consumo de Agua en Función del Peso del Animal</p> <p>Caprinos: Consumo de agua por Animal / Día en función de la Variedad.</p> <p>Aves de Corral: Consumo por c/1000 animales por tipo de producción / Etapa de Producción y Temperatura.</p>	<p>Vol. De Piscinas + Perdidas por Infiltración + Perdidas por Evaporación + % de Recambio/día + Vol. agua Postcosecha (Desvicerado)</p>	<p>AGRÍCULTURA: Gramíneas, Caña Forrajera, Palma, Cítricos, Cacao, Arroz Riego, Maíz, Sandía, Sorgo, Tomate, Yuca, Piña, Papaya, Maracuyá y Plátano.</p> <p>PISCICULTURA: Producción off-Stream.</p> <p>PECUARIO: Bovinos, Equinos, Caprinos, Porcinos y Aves de Corral.</p>
CORFOCALDAS (2011)				X	X	X	No específico Metodología Ni Cultivos Presentó la resolución donde se definen los valores de los módulos.

CAR	DEFINICIÓN	ESCALA TEMPORAL	ESCALA ESPACIAL	USO CONSUNTIVO			OBSERVACIONES
				AGRICULTURA	PECUARIO	PISCICOLA	
CORNARE (2012)	Es la cantidad de agua que se requiere para el desarrollo de una actividad o la obtención de algún producto. Sirve para determinar los caudales o volúmenes de agua que se asignan a personas naturales o jurídicas para el desarrollo de sus actividades domésticas, agropecuarias, industriales, comerciales o de otro tipo; así mismo, sirve como criterio para determinar potenciales de ahorro y uso eficiente del recurso.			Por cultivo / Tipo de Sistema de Riego	Consumo por animal / día basado en el RURH	Por variedad + Tamaño Alevino + Temperatura	<p>Incluye elementos de control y medición (Aforadores, Canaletas y Macromedidores). Una tipificación de sistemas de medición por sector y tipo de usuario. Se especifican también la periodicidad en la toma de los registros.</p> <p>INCENTIVOS ECONOMICOS O PREFERENCIALES POR CUMPLIMIENTO, AHORRO Y/O AUMENTO DE EFICIENCIA</p> <p>No especifican metodologías</p>
CAR (2015)		Mensual	Parcela	Análisis Hidrológico (CropWat) Penman-Monteih Coeficiente de Cultivo (Kc)	X	X	<p>48 cultivos Priorizados.</p> <p>Elementos de Variabilidad Climática (Niña-Niño).</p> <p>VARIACIÓN ESPACIAL DE MÓDULO DE CONSUMO INCLUSO PARA EL MISMO TIPO DE CULTIVO</p>

CAR	DEFINICIÓN	ESCALA TEMPORAL	ESCALA ESPACIAL	USO CONSUNTIVO			OBSERVACIONES
				AGRICULTURA	PECUARIO	PISCICOLA	
CVC (2018)	<p>La Demanda de Agua y su proyección de crecimiento, la determina básicamente su uso, que a su vez se rige por el mercado, la oportunidad y los escenarios probables que se consideran en el plan de desarrollo y ordenamiento territorial.</p> <p>El riego, es la aplicación de agua al suelo para complementar la lluvia deficiente y proporcionar humedad para el crecimiento de las plantas.</p>	Mensual	<p>Cultivo / Cobertura</p> <p>Escala de Cuenca (Planificación)</p>	<p>Evapotranspiración de Referencia por Tanque</p> <p>Evaporímetro y/o varios métodos (Blaney-Criddle, Penman, Makkink, Hargreaves, Thorthwaite, García-López)</p> <p>Coefficiente de Cultivo</p>	<p>Agregado por Sector Avícola, Porcícola, Caprino, Bovino y Equino y basado en Censos ICA y módulos de consumo de acuerdo con revisión Bibliográfica (CORNARE).</p>		<p>OFERTA AMBIENTAL (PRECIPITACIÓN), AGUA SUPERFICIAL Y SUBSUPERFICIAL.</p> <p>ELEMENTOS DE VARIABILIDAD INCLUIDOS A TRAVÉS DE ANÁLISIS DE PROBABILIDAD.</p> <p>Análisis a Escala de Cuenca agregando espacialmente todas las demandas y comparando con la oferta superficial y subterránea.</p> <p>Incluye Eficiencia por sistema de riego, conducción y distribución.</p> <p>Láminas de Lavado por Sales (Incluidas en la Lámina de Riego)</p>

### 3.3 ELEMENTOS RECOPIADOS PARA TENER EN CUENTA EN LA PROPUESTA CONCEPTUAL Y METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO DE MÓDULOS DE CONSUMO DE AGUA

La gestión integral del recurso hídrico (GIRH) se basa en la idea de que los usos del recurso hídrico son excluyentes e interdependientes (**Teoría de la Gestión de Recursos de Uso Común**) y busca actuar sobre las causas que generan una gestión deficiente de los recursos interviniendo sobre temas de ineficiencia, los conflictos crecientes y el uso no coordinado del recurso hídrico<sup>2</sup>

La Política Nacional de Gestión Integral del Recurso Hídrico (en adelante, PNGIRH) en su diagnóstico establece como núcleo del problema la inadecuada gestión y gobernabilidad del recurso los cuales pueden ser explicados en función de diferentes aspectos de la oferta, la demanda, la calidad del recurso hídrico, riesgos, planificación, administración, seguimiento y monitoreo. Se destacan entre ellos:

<sup>2</sup> Tomado de la Política Nacional de Gestión del Recurso Hídrico (PNGRH, 2010) citando al IRC (International Water and Sanitation Centre, 2007) La Gestión Integrada de los recursos hídricos y el subsector de agua y saneamiento doméstico.

- A pesar de la amplia oferta que presenta el país, la degradación de las cuencas ha venido impactando la *disminución progresiva de la regulación natural del régimen hidrológico* aumentando la vulnerabilidad ante periodos de estiaje y/o excesos;
- En relación con los aspectos de la demanda hídrica, se resaltan la concentración del desarrollo productivo del país, fenómenos de *variabilidad hidrológica*, la alta tasa de *ilegalidad* (usuarios de hecho) en la *captación del recurso y sistemas ineficientes* en los *procesos de uso* (captación, almacenamiento, distribución y aplicación);
- Asociado al desarrollo socioeconómico de las regiones, la contaminación del recurso hídrico es derivada de los *vertimientos* por parte de los usuarios con tratamiento deficiente o en la mayoría de los casos sin él;
- Lo anterior conduce a un incremento en el riesgo por *disminución de los servicios*, principalmente, de *aprovisionamiento y regulación* debido al incremento de la amenaza frente a fenómenos de variabilidad y cambio climático;
- Al respecto de temas de planificación, la política resalta el *bajo nivel de conocimiento e información* en torno a procesos de planificación, servicios ambientales (servicios ecosistémicos) y potencial hidrogeológico para soportar el proceso de toma de decisiones, así como también baja implementación de los instrumentos de planificación ya existentes y tasas ambientales;
- En lo relacionado con los procesos administrativos, el documento destaca la alta tasa de ilegalidad en el uso del recurso hídrico, baja reglamentación para el recurso subsuperficial, entre otras;
- *Deficiente control y monitoreo* sobre la demanda hídrica;
- *Poca articulación entre las normas e instrumentos existentes* (y nueva reglamentación en aspectos específicos, por ejemplo, recurso subsuperficial, pagos por servicios ambientales) para la gestión integral del recurso hídrico;

Por su parte, el Uso Eficiente y Ahorro del Agua (UEAA), definido en el Decreto 1090 de 2018 como “*toda acción que minimice el consumo de agua, reduzca el desperdicio u optimice la cantidad de agua a usar en un proyecto, obra o actividad, mediante la implementación de prácticas como el reúso, la recirculación, el uso de aguas lluvias, el control de pérdidas, la reconversión de tecnologías o cualquier otra práctica orientada al uso sostenible del agua*” busca mediante la implementación de Programas de Uso Eficiente y Ahorro del Agua (PUEAA) la reducción de la demanda mediante mecanismos técnicos (tecnificación de riego, optimización de centrales hidroeléctricas, captación de aguas lluvias), económicos (aumento gradual y diferencial de la tasa de uso de agua) y normativos (restricción y/o regulación de ciertas actividades).

Los textos y estudios consultados, entre ellos la PNGIRH y la estrategia de UEAA convergen en un

enfoque de **análisis de tipo sistémico** entre el sistema natural y el sistema socioeconómico para la evaluación y gestión sostenible de los recursos naturales a través de cinco (5) categorías, **i)** forzadores del sistema, **ii)** elementos de presión sobre el sistema, **iii)** variables de estado del sistema, **iv)** impactos y **v)** responsables como se presenta en la **Figura 3-4**. El esquema en la categoría de los forzadores del sistema trata de abordar los elementos que imprimen variabilidad en la oferta/demanda del recurso hídrico tal y como se detalla en la PNGIRH. Para el caso, la variabilidad natural expresada por el clima, los suelos y coberturas es reflejada de forma diferencial en espacio y tiempo ejerciendo presión sobre la oferta de recurso modificando la disponibilidad del agua en sus distintos almacenes superficiales y subsuperficiales principalmente (variables de estado). Paralelamente, el crecimiento poblacional, las reglas del mercado (precios), temas culturales (hábitos de consumo) y políticas de estado generan la demanda de bienes y servicios para el bienestar humano (presión). Automáticamente se incrementa la demanda por recursos naturales entre ellos el agua para la producción de dichos bienes y servicios demandados (variable de estado). Es sobre esta categoría (variables de estado) en donde se deben implementar los esfuerzos de monitoreo para la generación de indicadores tales como los expuestos en la guía para el UEAA enfocados al componente de demanda y los índices propuestos por los ENA orientados a los componentes de oferta y ecosistémicos. Con efectos acumulados, los efectos de variabilidad y las extracciones realizados por el componente de demanda afectan la disponibilidad del recurso y, por lo tanto, los servicios de aprovisionamiento, regulación, apoyo y culturales que aseguran la sostenibilidad del sistema natural y el sistema socioeconómico. Sin embargo, se esperan retribuciones de tipo económicas por los aumentos en productividad de los sectores (categoría de impactos). Por último, en la categoría de responsables, el Estado (Ministerios, CARs, Usuarios del Recurso) a través de sus instituciones regulan, restringen o limitan el acceso al recurso hídrico mediante la articulación de instrumentos de política, de planeación, administración y gestión.

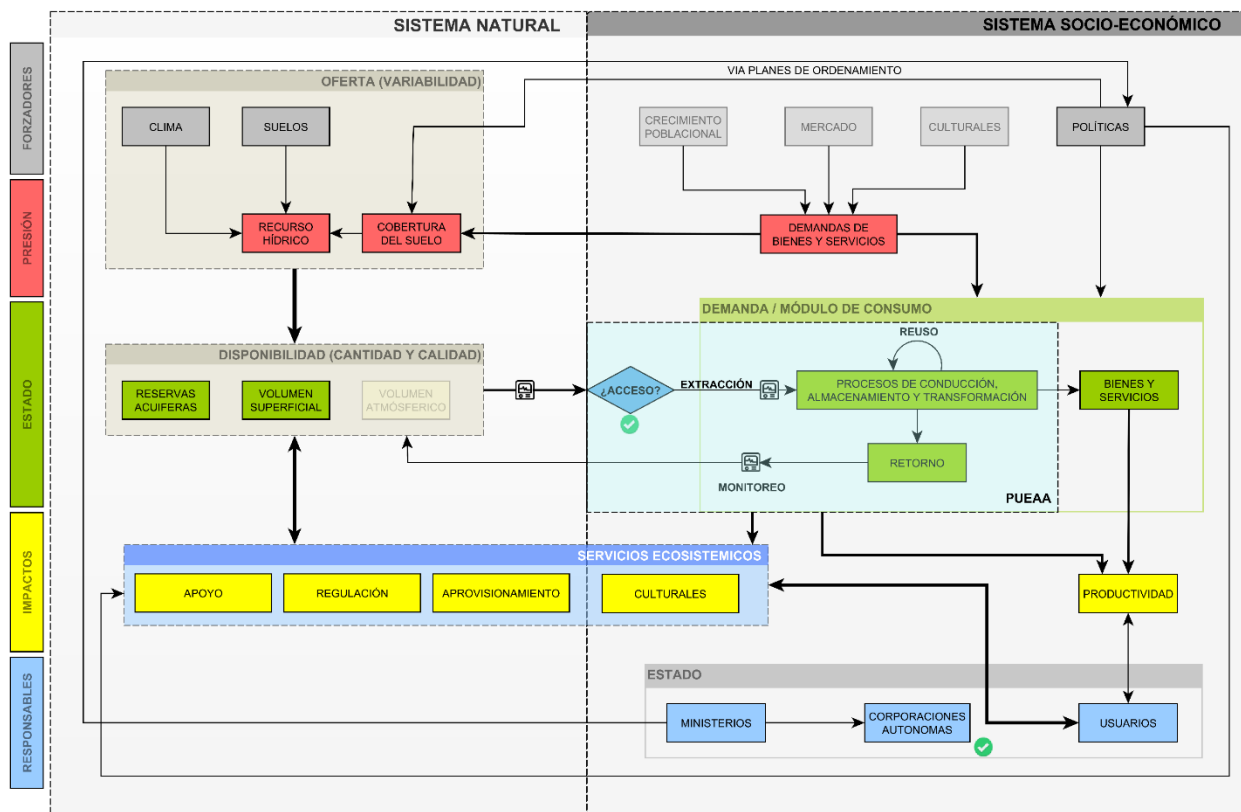


Figura 3-4. Esquema Contextual Módulos de Consumo (Propuesta)

Esta revisión y análisis de experiencias permitió destacar los siguientes elementos:

- Los distintos marcos revisados involucran aspectos del *sistema natural* y el *sistema socioeconómico*, sus relaciones y efectos de retroalimentación configurando un sistema complejo. Lo anterior permite identificar elementos para la gestión y toma de decisiones al respecto del uso eficiente del agua,
- El marco conceptual debe incluir como mínimo elementos que permitan determinar el estado del recurso hídrico como variable de estado del sistema,
- De acuerdo con la actividad económica de análisis, *el marco debe ser flexible de tal forma que permita la estimación del módulo de consumo a distintas escalas espaciales y/o temporales*. Para el caso específico de la agricultura, los módulos de consumo deben considerar una escala temporal diaria y espacial al nivel de la parcela,
- El marco conceptual debe definir si la estimación del módulo de consumo se hace para un servicio, un bien o un proceso. Por lo tanto, se deben definir los conceptos a involucrar en la metodología como, por ejemplo, *¿qué es un módulo de consumo?*, ¿qué es demanda hídrica?, y conceptos asociados (huella hídrica, usos extractivos y no extractivos, etc.),
- Teniendo en cuenta que la demanda es una expresión de la oferta, esto es, por ejemplo, en agricultura y haciendo referencia a una parte de demanda de agua, el requerimiento hídrico de la planta es función de la oferta ambiental y su variabilidad, entre menos oferta ambiental aumenta el requerimiento de la planta. Por lo tanto, el marco debe ser flexible para permitir

aspectos como las anomalías climáticas, oferta ambiental y variabilidad, oferta tecnológica, suelos. *En resumen, el marco conceptual debe permitir un módulo de consumo dinámico y distribuido en función la actividad productiva y de las variables que lo definen,*

- f) La revisión de literatura para el caso de las actividades agropecuarias permitió evidenciar **diferentes enfoques metodológicos** para la estimación de los requerimientos de la planta y algunos aspectos asociados a los procesos de captación, transporte y distribución de los sistemas de aplicación de riego como artefacto para la inclusión del concepto de “uso eficiente del agua”,
- g) Un aspecto relevante que evidencian los esfuerzos en los EUA a través de los estudios del NRC y USGS es la *importancia de programas enfocados hacia el monitoreo de la oferta y la demanda*. Actualmente, Colombia cuenta con una infraestructura asociada a temas de monitoreo de la oferta, sin embargo, las políticas alrededor de temas de la demanda no son muy claros. La implementación de estrategias para involucrar el seguimiento de la demanda, permitirían realizar una evaluación cuantitativa del concepto de eficiencia en el uso de los recursos hídricos.
- h) Por último, un marco basado en el análisis de sistemas permite la descripción de la generación de servicios y/o bienes en mapa de procesos del sistema productivo, lo cual en el caso del sector agrícola, no es exclusivo a las demandas o requerimientos hídricos de la planta, sino a todos los aspectos relacionados con el proceso de producción y/o el producto per se, como por ejemplo, los procesos en viveros, adecuación de tierras, siembra, fertilización, distintas prácticas culturales, manejo de plagas y enfermedades, cosecha, transporte, entre otras.

### 3.4 MARCO CONCEPTUAL

Luego de varios talleres con el equipo de la Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico (DGIRH), la Dirección de Asuntos Ambientales Sectoriales y Urbanos (DAASU) y el IDEAM, la propuesta Conceptual y Metodológica se presenta a continuación:

- **MÓDULO DE CONSUMO:** Herramienta para la estimación de la Cantidad de agua requerida en un proceso destinado a obtener un bien o un servicio, bajo condiciones de uso eficiente y ahorro de agua y rentabilidad económica. Se expresa en unidades de volumen por unidad de producto, área o masa.
- **DEMANDA DE AGUA:** volumen de agua usado por los sectores económicos, la población y los ecosistemas. Considera el volumen de agua extraído o que se almacena de los sistemas hídricos y que limita otros usos. (IDEAM, Estudio Nacional del Agua 2014).
- **DISEÑO DE MODULO DE CONSUMO:** Es una herramienta que conduce a establecer y definir los factores que constituyen la estimación de la cantidad de agua requerida en un proceso destinado a obtener un bien o un servicio, bajo condiciones de uso eficiente y ahorro de agua y rentabilidad económica. El diseño de un módulo de consumo debe consolidarse en una metodología que permita la estimación y la actualización de los módulos de consumo para una actividad.
- **INTEGRACIÓN DE ELEMENTOS EN EL DISEÑO DEL MÓDULO DE CONSUMO:**

- **Estandarización de variables/factores:** debe encontrar elementos, factores o variables comunes en medio de la diversidad de territorios, usuarios y actividades;
- **Escala:** debe dar sugerencias sobre el objeto de análisis y el nivel de detalle que debe tener el diseño y posterior estimación de los módulos de consumo;
- **Validez y actualización del módulo:** los módulos de consumo son sujeto de elementos de variabilidad, por lo tanto, deben ser actualizados con cierta periodicidad.

De esta forma, el módulo de consumo actuaría también como una herramienta común en un formato único para la gestión del recurso hídrico de tal forma que facilite la alimentación de propósitos de escala nacional como el SIRH, estudios regionales y nacionales del agua.

### 3.5 MARCO METODOLÓGICO

Se propone una metodología por fases (aprestamiento y caracterización, estimación del módulo y seguimiento/evaluación) para establecer el módulo de consumo en base a 3 factores sustanciales para el diseño del módulo: **i)** contextuales, **ii)** contextuales y, **iii)** socioeconómicos y técnicos.

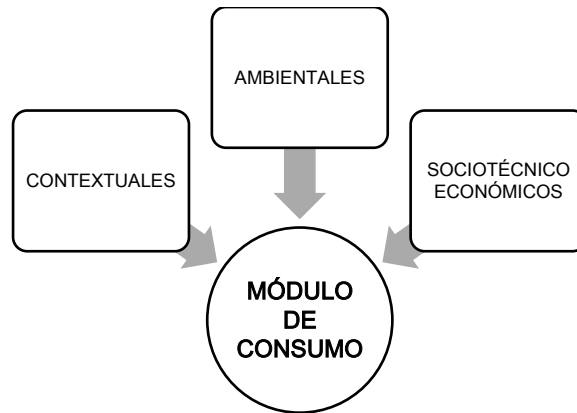
**Tabla 3-2.** Matriz para el desarrollo del Marco Metodológico Propuesto

FASES METODOLÓGICAS				
ELEMENTOS DE DISEÑO		APRESTAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN	ESTIMACIÓN DEL MÓDULO	SEGUIMIENTO - EVALUACIÓN
	CONTEXTUALES			
	BIOFISICOS			
	SOCIO-TÉCNICOS			

#### 3.5.1 Factores Constitutivos del Módulo

- **Factores Contextuales:** Son aquellos elementos normativos, acuerdos privados y prácticas socioculturales, incluidas las ancestrales, que determinan, restringen, limitan o regulan el acceso y el uso del recurso hídrico.
- **Factores Ambientales:** Son aquellas variables biofísicas y de calidad del agua que inducen y/o determinan un cambio en el uso de agua en el proceso de producción y/o generación de un servicio.
- **Factores Socioeconómicos y técnicos:** Son aquellas variables que caracterizan las actividades del proceso productivo en condiciones reales de acuerdo con la localización, tamaño, organización del proceso, temporalidad, provisión de insumos, tecnología. Dicha caracterización identifica en un modelo las actividades claves de captación, conducción, almacenamiento, distribución, transformación, reúso, recirculación y retorno del agua asociado a la generación del bien o servicio y que generan valor al cliente final y a la organización.

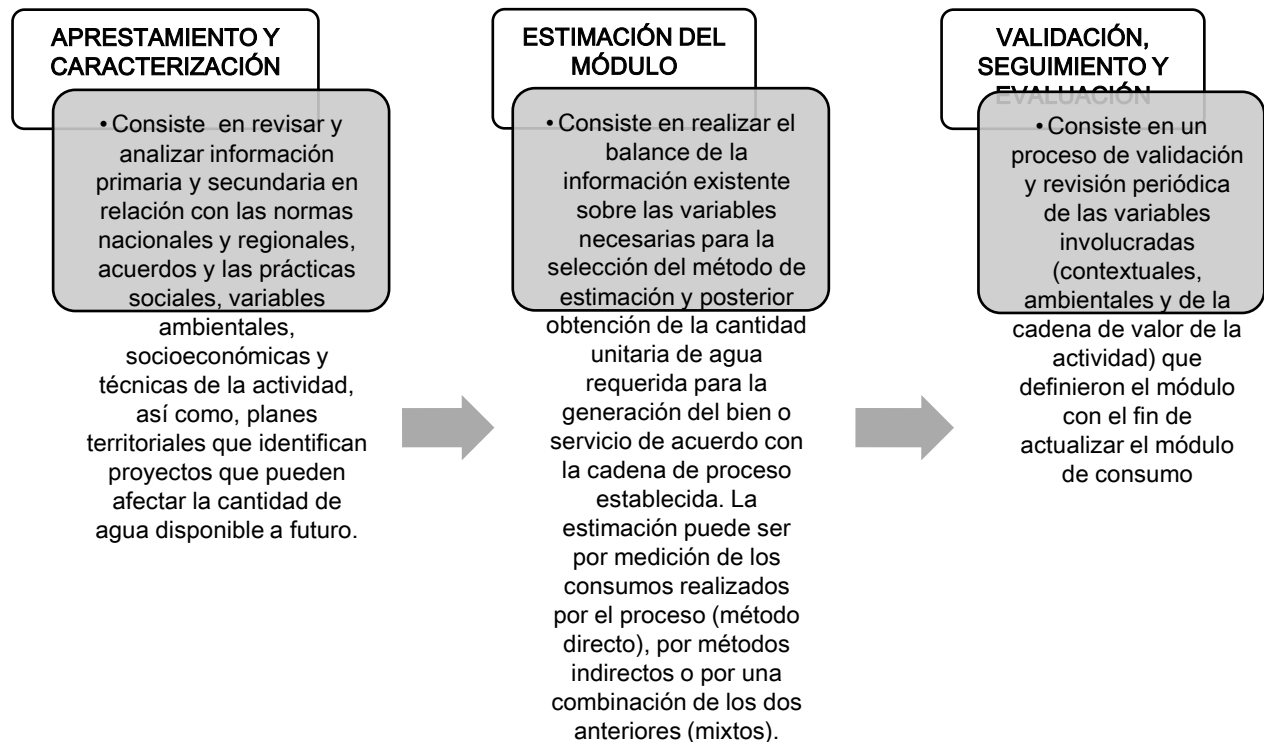




**Figura 3-5.** Factores Fundamentales para la estimación del módulo de consumo.

### 3.5.2 Fases Metodológicas

Posteriormente, se identifican variables en cada uno de los factores constitutivos a través de 3 momentos metodológicos como se indica en la Figura 3-6.



**Figura 3-6.** Momentos metodológicos para la estimación de un módulo de consumo

#### **4 VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA MEDIANTE EJERCICIOS PILOTO**

Los ejercicios pilotos se desarrollaron en varias sesiones que involucraron distintos usuarios entre agricultores, operarios del cultivo y de distritos de riego, administradores, investigadores y miembros de los comités directivos regionales y/o locales. A través del desarrollo de los ejercicios, los asistentes entendieron la importancia del uso eficiente del recurso hídrico y el papel que desempeña el módulo de consumo en la definición de la demanda y los programas de ahorro y uso eficiente del agua. También resaltaron la pertinencia de la definición de un estándar en el diseño de los módulos como elemento fundamental debido a los hallazgos evidenciados en las diferentes guías de módulos de las Corporaciones Autónomas revisadas. En relación con los elementos conceptuales no presentaron ninguna inquietud y reconocen la necesidad y claridad del concepto. Identificaron la relación factores-elementos normativos entorno al uso del recurso hídrico (en especial la concesión de agua), actores de contexto como Corporaciones Autónomas, Distritos de Riego y FEDEARROZ (nuevos paquetes tecnológicos para un uso más eficiente del agua MIRI y ANTEC). Destacaron el rol del componente ambiental como factor determinante del módulo de consumo en agricultura, en términos de la capacidad de explicar la cantidad de agua (potencial) requerida para un cultivo como en el caso del arroz. Por último, al respecto del factor social, técnico y económico que define la cadena de valor del agua, los asistentes presentan conformidad con este componente ya que es un elemento restrictivo desde el punto de vista de la capacidad del productor en incluir tecnología en su proceso.

La siguiente dimensión abordada es la relación con las fases metodológicas propuestas para la estimación del módulo de consumo. Los asistentes se mostraron de acuerdo con lo expuesto, en especial, destacaron la fase de validación, seguimiento y control en donde hicieron énfasis en los mecanismos de verificación y control de las concesiones otorgadas por la Corporación con miras a controlar la ilegalidad en el uso del recurso hídrico.

**Tabla 4-1.** Relación de ejercicios pilotos realizados

<b>LUGAR</b>	<b>FECHA</b>	<b>SECTOR</b>	<b>ASISTENTES</b>	<b>No. ASISTENTES</b>
Bogotá, Bogotá D.C.	10.01.2019	Palma	Fedepalma - Cenipalma	6
Ibagué, Tolima	10.16.2019	Arroz	Agricultores – Distritos de Riego - Fedearroz	28
Zona Bananera, Magdalena	10.25.2019	Palma	Agricultores - Cenipalma	28

LUGAR	FECHA	SECTOR	ASISTENTES	No. ASISTENTES
Villavicencio, Meta	10.30.2019	Arroz	Agricultores - Fedearroz	13
Valledupar, Cesar	11.14.2019	Arroz	Agricultores – Operarios Riego - Fedearroz	31

#### 4.1 METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LOS EJERCICIOS PILOTO

Los ejercicios pilotos fueron desarrollados a través de una exposición magistral de los marcos contextuales, conceptos y metodologías alrededor del diseño de los módulos de consumo de agua. Luego, los elementos conceptuales fueron aplicados mediante un ejercicio aplicado para el sector y lugar donde se desarrollaba el piloto (se adjunta archivo con la presentación del último taller realizada). La sesión se completó con el desarrollo de ejercicios con los asistentes, en los cuales cada grupo caracterizó su línea de agua en su proceso de producción y luego describió los factores/fases en el diseño del módulo de consumo en una matriz diseñada para tal fin como se muestra a continuación.



Figura 4-1. Herramientas incluidas en el ejercicio piloto para el diseño de módulos de consumo de agua

Los asistentes realizaron sus intervenciones y aportes durante la exposición y luego de esta en la sección de debate durante al menos 01:30 (hh:mm).

#### 4.2 OBJETIVO

El desarrollo de los ejercicios piloto permitió definir y validar la propuesta conceptual y metodológica para el diseño de módulos de consumo de agua a nivel nacional. Previamente se seleccionó el sector de agricultura para realizar los ejercicios de validación de la propuesta metodológica y conceptual por su significativa participación en el uso del recurso hídrico de acuerdo con los resultados de los Estudios Nacionales del Agua en sus versiones de 2010, 2014 y 2018.

Teniendo en cuenta la diversidad del sector agrícola, las actividades de Arroz y Palma de Aceite fueron priorizadas en virtud de los volúmenes de agua requeridos para la producción de estos alimentos, en especial, por los bajos niveles de eficiencia en el uso del recurso hídrico (aprox. Entre el 40% a 60%)







## 5 CONCLUSIONES

### 5.1 SOBRE EL MARCO CONCEPTUAL

- Establecer diferencias entre la parte del consumo de agua asociada al módulo a la cual hace referencia esta metodología. Es decir, establecer que la parte del módulo a la cual hace referencia este marco conceptual es al componente hídrico que es extraído de las fuentes superficiales y/o subsuperficiales el cual es susceptible de ser incluido en los ejercicios de gestión del recurso hídrico. Por ejemplo, en agricultura, el módulo de consumo para la producción de un bien está compuesto por la demanda ambiental que no es satisfecha de forma natural por la oferta y que es escalada por los factores contextuales y sociotécnicos. En otras palabras, establecer claramente que esta metodología hace énfasis en la huella hídrica azul.
- Retirar la palabra “*herramienta*” de la definición del concepto de módulo de consumo, ya que el módulo es realmente el valor o magnitud y no el mecanismo como se llega a este. El término “*herramienta*” está más asociado al concepto de “*diseño del módulo*”, en efecto, el diseño del módulo hace referencia a un método/herramienta para la estimación del módulo de consumo.

### 5.2 SOBRE LOS FACTORES

- Pueden presentarse retroalimentaciones entre los factores de una fase metodológica a otra, por ejemplo, algunos distritos de riego como los del Tolima estructuran nuevas reglas de distribución del recurso hídrico en función de la eficiencia en el uso del agua especialmente en épocas de escasez.
- Los incentivos, entendidos como factores contextuales, inciden en los factores sociotécnicos y económicos motivando el uso de tecnologías que aumentan la eficiencia en el uso del agua. Por ejemplo, una tasa diferencial por el uso del agua en función de un valor menor de módulo de consumo para la misma actividad en un contexto ambiental similar ejerce tendencias hacia la implementación de nuevas tecnologías que reducen la presión sobre el recurso hídrico.
- Sobre el factor sociotécnico y económico se recomienda cambiar el título del factor ya que no se evidencian indicadores de índole social y/o técnico en la cadena de valor de agua. Lo anterior entendiendo que la cadena de valor es resultado de elementos sociales y económicos que repercuten, incluso definen, los aspectos técnicos de la producción. También se sugirió

establecer las diferencias entre las prácticas sociales a las cuales se hace referencia en el factor contextual y los elementos sociales en el factor sociotécnico.

- Se sugirió hacer mención de que escala es la adecuada para la definición del módulo de consumo. Establecer o incluir la noción de escala en los factores constitutivos del módulo.

### 5.3 SOBRE LAS FASES

- Los ejercicios pilotos reunieron distintos actores relacionados con las actividades de arroz y palma de aceite. Dentro del público que asistió a los ejercicios pilotos se encuentran agricultores, propietarios de parcelas (arrendatarios), administradores de distritos de riego, operarios de distritos de riego, investigadores de Cenipalma y Fedearroz, miembros de comités técnicos y operarios de riego a nivel de parcela. A pesar de la gran diversidad de los perfiles de los asistentes, la metodología permitió identificar los elementos constituyentes del módulo de consumo y además describir el proceso de producción de los productos en términos del uso del recurso hídrico. Lo anterior demuestra la flexibilidad de la metodología establecida para tal fin.
- Incluir el elemento de monitoreo en la fase de validación, seguimiento y control, y no como medio para la estimación del módulo de consumo, ya que en efecto para iniciar un proceso de este tipo es necesario contar con el permiso de concesión por parte de la autoridad ambiental. Esta solicitud fue concurrente en todas las sesiones con los actores del recurso ya que permitiría por una parte: **i)** realizar una liquidación económica por el uso del recurso hídrico ajustada a la realidad de la oferta y de la demanda, **ii)** un mayor control en la gestión y distribución del recurso que permita incluso enfocar los esfuerzos en aquellos puntos críticos donde se evidencien mayores pérdidas y **iii)** ejercer mayor control sobre la ilegalidad en el uso del recurso hídrico en especial en las épocas de mayor escasez. En este sentido, los distritos de riego juegan un papel significativo en el manejo eficiente del recurso hídrico que puede ser optimizado en virtud de obtener mejores resultados en el control del uso del agua.

### 5.4 OTRAS CONSIDERACIONES

- Durante los ejercicios pilotos, el tema de la liquidación de la tasa de uso del agua (TUA) fue un aspecto recurrente. En general, los gremios siguieron articular este esfuerzo con la estimación de la TUA y la liquidación de la demanda anual, ya que, de acuerdo con la metodología expuesta, el módulo de consumo refleja un consumo variable en función de los



aspectos constitutivos del mismo, sin embargo, la TUA es liquidada en función del valor nominal de la concesión a excepción de aquellos usuarios que demuestren un sistema de monitoreo de la demanda.

- Algunos mecanismos y/o procesos dentro de la cadena de valor del agua, como, por ejemplo, reservorios, reuso y reutilización contribuyen a mitigar los impactos de la variabilidad climática disminuyendo los requerimientos de extracción del agua desde las fuentes naturales (corrientes de agua superficiales o acuíferos).
- Teniendo en cuenta que gran parte de la agricultura en Colombia se realiza en condiciones de NO riego, es decir, los requerimientos de agua son satisfechos por la oferta natural ambiental, es importante el desarrollo de herramientas de pronóstico estacional como insumo para la planificación de las siembras intersemestrales. Lo anterior puede contribuir a disminuir la presión sobre el recurso hídrico en los momentos de mayor escasez.
- Basados en los elementos conceptuales y metodológicos propuestos para el diseño de los módulos de consumo de agua, en general, los asistentes a los ejercicios pilotos convergen en que desde el Ministerio se deben realizar ejercicios de estimación de los rangos en los cuales los distintos módulos tienen lugar.
- Solicitan que este tipo de metodologías sean incorporadas en los procesos de las Corporaciones Autónomas en especial por los aspectos del carácter dinámico del módulo de consumo y, por lo tanto, de la demanda total de agua y que en últimas repercute en las liquidaciones del uso del recurso hídrico de los usuarios.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

- Bitterman, P., Tate, E., Van Meter, K. J., & Basu, N. B. (2016). Water security and rainwater harvesting: A conceptual framework and candidate indicators. *Applied Geography*, 76, 75–84. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.09.013>
- DANE. (2017). Proyecciones de Población por Departamento.
- Dieter, C. A., Maupin, M. A., Caldwell, R. R., Harris, M. A., Ivahnenko, T. I., Lovelace, J. K., ... Linsey, K. S. (2018). *Estimated use of water in the United States in 2015. U.S. Geological Survey Circular*. Reston, VA. <https://doi.org/10.3133/cir1441>
- Ellis, E. C. (2015). Ecology in an anthropogenic biosphere. *Ecological Monographs*, 85(3), 287–331. <https://doi.org/10.1890/14-2274.1>
- Erb, K.-H., Haberl, H., Jepsen, M. R., Kuemmerle, T., Lindner, M., Müller, D., ... Reenberg, A. (2013). A conceptual framework for analysing and measuring land-use intensity. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(5), 464–470. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.07.010>
- FEDEPALMA. (2018). *Anuarios Estadísticos FEDEPALMA*. Bogotá D.C. Retrieved from [www.fedepalma.org](http://www.fedepalma.org)
- Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., ... Zaks, D. P. M. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478(7369), 337–342. <https://doi.org/10.1038/nature10452>
- Guan, D., & Hubacek, K. (2008). A new and integrated hydro-economic accounting and analytical framework for water resources: A case study for North China. *Journal of Environmental Management*, 88(4), 1300–1313. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.07.010>
- IDEAM. (2014). *Estudio Nacional del Agua. Estudio Nacional del Agua 2014*. Bogotá, Colombia: ISBN 978-958-8067-32-2.
- IDEAM. (2018). *Estudio Nacional del Agua 2018*. (M. García, O. N. Vargas M., O. Jaramillo R., & J. P. Marín S., Eds.). Bogota, Colombia: IDEAM.
- MADR. (2019). AGRONET. Retrieved from [www.agronet.gov.co](http://www.agronet.gov.co)
- National Research Council. (2002). *Estimating Water Use in the United States: A New Paradigm for the National Water-Use Information Program*. Washington, D.C.: National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/10484>
- Porter, M. E., & Porter, M. (1985). *The Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. (Free Press, Ed.). NY.