

INFORME DE PRIORIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS CRÍTICOS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DEL AGUA Y LA EFICIENCIA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y EL REÚSO DEL AGUA

MISIÓN CRECIMIENTO VERDE

PRESENTADO A:

Departamento Nacional de Planeación - DNP

PREPARADO POR:

Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia – CTA
Línea de Agua y Medio Ambiente

MEDELLÍN

Febrero de 2018

AUTORES

CENTRO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ANTIOQUIA – CTA. Línea de Agua y Medio Ambiente

Documento elaborado en marco del contrato número 043 de 2017, suscrito entre el Fondo Acción y el Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia.

Equipo consultor

CÉSAR GARAY

I. Agrícola, M.Sc.
Director del proyecto

ANDREA CAROLINA GUZMÁN CABRERA

Economista., M.Sc
Especialista en políticas, instrumentos económicos
y financieros

JUAN CAMILO MÚNERA ESTRADA

I.Civil, M.Sc., Ph.D.(C)
Especialista en recursos hídricos

DIANA CATALINA RODRÍGUEZ LOAIZA

I. Sanitaria, M.Sc., Ph.D.
Especialista en tratamiento de aguas

Equipo de apoyo

SANTIAGO ECHAVARRÍA

I. de Producción, MBA
Director Centro de Ciencia Y Tecnología de
Antioquia

DIEGO ALEJANDRO CHALARCA RODRÍGUEZ

I. Sanitario, M.Sc. Eng. Ph.D.(C).
Componente agua potable, industrial y sistemas
de tratamiento de agua residual

CAROLINA MARÍA RODRÍGUEZ ORTÍZ

I. Forestal, M.Sc.
Componentes agrícola y pecuario

LAURA MARCELA LOPERA VÁSQUEZ

I. Ambiental, Especialista en Gestión Ambiental
Profesional de apoyo técnico del proyecto

FERNANDO FLOREZ

Economista
Componente económico

PARTICIPANTES

DNP**Alexandra Arévalo Espinosa**

Subdirección de Desarrollo Ambiental Sostenible

José Manuel Sandoval

Subdirección de Desarrollo Ambiental Sostenible

Diego Rubio

Subdirección de Desarrollo Ambiental Sostenible

Mariet Alejandra Sánchez

Subdirección de Desarrollo Ambiental
Sostenible

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	9
2.	METODOLOGÍA: FASES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES CRÍTICOS.....	10
2.1	Fase I: Diagnóstico sectorial actual	10
2.2	Fase II: Identificación y validación de los factores críticos sectoriales	10
2.2.1	Identificación de Factores de Cambio	10
2.2.2	Descripción de los factores de cambio	12
2.3	Fase III: Priorización de los factores críticos sectoriales	12
2.3.1	Priorización técnica.....	12
2.3.2	Relaciones estructurales	12
3.	SECTOR AGROPECUARIO	15
3.1	Resultados del Diagnóstico de eficiencia y productividad del agua	15
3.1.1	Sector agrícola	15
3.1.2	Sector Pecuario.....	20
3.2	Priorización de factores identificados que influyen en los problemas de eficiencia, productividad y reúso del agua en el sector agropecuario	22
3.2.1	Diversidad en los modos de producción	27
3.2.2	Información/Apropiación y transferencia del conocimiento	30
3.2.3	Cambio climático y variabilidad climática	34
3.2.4	Tecnologías para uso eficiente del agua	38
3.2.5	Aspectos socioculturales.....	41
3.2.6	Institucionalidad	43
3.2.7	Articulación en el ordenamiento territorial	48
3.2.8	Normatividad	52
3.2.9	Disponibilidad hídrica	57
4.	SECTOR AGUA POTABLE	60
4.1	Resultados del Diagnóstico de eficiencia y productividad del agua.....	60
4.2	Priorización de factores identificados que influyen en los problemas de eficiencia, productividad y reúso del agua	62
4.2.1	Institucionalidad	66
4.2.2	Vigilancia y control de pérdidas, operación y mantenimiento.....	68
4.2.3	Inversión	72
4.2.4	Disponibilidad hídrica	74

4.2.5	Aspectos socioculturales.....	77
4.2.6	Normatividad	78
5.	SECTOR INDUSTRIA MANUFACTURERA	81
5.1	Resultados del Diagnóstico de eficiencia y productividad del agua.....	81
5.2	Priorización de factores identificados que influyen en los problemas de eficiencia, productividad y reúso del agua	82
5.2.1	Valoración de oportunidades de mercados sostenibles y precio del agua	85
5.2.2	Patrones de consumo nacionales	85
5.2.3	Investigación y desarrollo	86
5.2.4	Disponibilidad hídrica (cantidad y calidad)	87
5.2.5	Implementación y costos de procesos de producción sostenible, estándares internacionales y buenas prácticas	88
5.2.6	Instrumentos económicos:	89
5.2.7	Monitoreo y control del agua utilizada en los procesos productivos	90
6.	SECTOR MINERO	92
6.1	Resultados del Diagnóstico de eficiencia y productividad del agua.....	92
6.2	Priorización de factores críticos en la eficiencia, productividad del agua y reducción de vertimientos	93
6.2.1	Disponibilidad de Información y transferencia del conocimiento.....	96
6.2.2	Procesos de producción sostenibles	96
6.2.3	Inversión, Instrumentos económicos y Precio del Agua	97
6.2.4	Institucionalidad	97
6.2.5	Normatividad	97
6.2.6	Disponibilidad hídrica (cantidad y calidad).....	98
6.2.7	Aspectos socio culturales.....	98
6.2.8	Fortalecimiento técnico científico de los centros de investigación	99
7.	FACTORES QUE AFECTAN LA EFICIENCIA Y COBERTURA DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL.....	100
7.1	Resultados del Diagnóstico de los sistemas de tratamiento de agua residual.....	100
7.2	Principales factores que afectan la cobertura de las plantas de tratamiento de aguas residuales	101
7.2.1	Priorización de los sistemas de tratamiento de aguas residuales.	101
7.2.2	Financiación de los sistemas de tratamiento de agua residual.....	102
7.2.3	Políticas de protección de cuencas y campañas de uso racional del agua.....	103
7.3	Principales factores que afectan la eficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales	104
7.3.1	Desconocimiento en el arranque de las plantas de tratamiento	104

7.3.2	Personal no capacitado para operar los sistemas de tratamiento	105
7.3.3	Inadecuada selección de los sistemas de tratamiento para el tipo de agua a tratar	105
7.3.4	Sistemas de tratamiento obsoletos	106
7.3.5	Normatividad y falta de sanciones más estrictas	106
8.	REFERENCIAS	107

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. REQUERIMIENTO DE AGUA DE RIEGO Y DEMANDA HÍDRICA PARA LOS CULTIVOS PRIORIZADOS EN COLOMBIA.....	16
TABLA 2. EFICIENCIAS EN LOS SISTEMAS DE RIEGO REPORTADOS PARA COLOMBIA	17
TABLA 3. FACTORES QUE INCIDEN EN LA EFICIENCIA, PRODUCTIVIDAD Y REÚSO DEL AGUA EN EL SECTOR AGROPECUARIO	23
TABLA 4. CALIFICACIÓN ASIGNADA A LOS FACTORES DE CAMBIO PARA EL SECTOR AGROPECUARIO EN TALLER COMITÉ CONSULTIVO.....	23
TABLA 5. FACTORES PRIORIZADOS PARA EL SECTOR AGROPECUARIO	27
TABLA 6. IMPORTACIÓN DE ALGUNOS ALIMENTOS ENTRE EL AÑO 2000 Y 2009	29
TABLA 7. PANORAMA NACIONAL DE UNIDADES CON UN BIEN O SERVICIO DE TIC.	43
TABLA 8. ROLES Y RESPONSABILIDADES DE ENTIDADES EN EL ORDENAMIENTO Y DESARROLLO TERRITORIAL PARA EL SECTOR AGROPECUARIO.	49
TABLA 9. VARIACIÓN DEL ÍNDICE DE PÉRDIDAS DE AGUA POR USUARIO FACTURADO – IPUF (M ³ /SUSCRIPTOR/MES)	62
TABLA 10. FACTORES IDENTIFICADOS EN EL SECTOR DE AGUA POTABLE	63
TABLA 11. CALIFICACIÓN DE FACTORES PARA EL SECTOR AGUA POTABLE EN EL TALLER COMITÉ CONSULTIVO 1	63
TABLA 12. FACTORES PRIORIZADOS PARA EL SECTOR AGUA POTABLE	65
TABLA 13. NÚMERO DE EMPRESAS QUE REPORTARON INFORMACIÓN SOBRE COBERTURA DE MICROMEDICIÓN AL SUI	71
TABLA 14. SUBZONAS HIDROGRÁFICAS CON IACAL ALTO Y MUY ALTO	76
TABLA 15. FACTORES IDENTIFICADOS PARA EL SECTOR DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA Y QUE INFLUYEN EN LOS PROBLEMAS DE PRODUCTIVIDAD Y EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA.....	82
TABLA 16. CALIFICACIÓN DE FACTORES IDENTIFICADOS PARA EL SECTOR INDUSTRIA MANUFACTURERA EN TALLER COMITÉ CONSULTIVO	83
TABLA 17. FACTORES PRIORIZADOS QUE TIENEN INFLUENCIA EN LOS PROBLEMAS DE PRODUCTIVIDAD Y EFICIENCIA DEL AGUA EN EL SECTOR INDUSTRIA MANUFACTURERA.	84
TABLA 18. FACTORES QUE INCIDEN EN LA EFICIENCIA, PRODUCTIVIDAD Y REÚSO DEL AGUA EN EL SECTOR MINERO	93
TABLA 19. CALIFICACIÓN DE FACTORES PARA EL SECTOR AGUA POTABLE EN TALLER COMITÉ CONSULTIVO	94
TABLA 20. FACTORES PRIORIZADOS PARA EL SECTOR MINERO.....	95

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. METODOLOGÍA DESARROLLADA.....	9
FIGURA 2. PLANO DE RELACIONES ENTRE LOS FACTORES DE CAMBIO	13
FIGURA 3. DEMANDA Y REQUERIMIENTO HÍDRICO EN LOS PRINCIPALES DEPARTAMENTOS	16
FIGURA 4. EFICIENCIA PROMEDIO POR MUNICIPIO SEGÚN LOS DISTRITOS DE RIEGO REPORTADOS EN EL SIGOT.....	19
FIGURA 5. EFICIENCIA PROMEDIO POR DEPARTAMENTO SEGÚN LOS DISTRITOS DE RIEGO REPORTADOS EN EL SIGOT	19
FIGURA 6. MATRIZ DE RELACIONES ESTRUCTURALES ENTRE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD DEL AGUA EN EL SUBSECTOR AGRÍCOLA.	25
FIGURA 7. MATRIZ DE RELACIONES ESTRUCTURALES ENTRE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD DEL AGUA EN EL SUBSECTOR PECUARIO.	26
FIGURA 8. PARTICIPACIÓN DE LAS DEMANDAS POR ÁREA TEMÁTICA EN LA AGENDA DINÁMICA NACIONAL DE I+D+I.....	32
FIGURA 9. NÚMERO DE EPSAGROS INSCRITAS ANTE LAS SECRETARÍAS DE AGRICULTURA DEPARTAMENTALES Y ANTE EL MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL	33
FIGURA 10. HECTÁREAS AFECTADAS POR EL FENÓMENO DE EL NIÑO EN LOS PRINCIPALES CULTIVOS.....	37
FIGURA 11. VALOR ESTIMADO DE LA PRODUCCIÓN AFECTADA POR EL FENÓMENO DE EL NIÑO POR DEPARTAMENTO	37
FIGURA 12. PORCENTAJE DE FINANCIACIÓN POR ÁREAS TEMÁTICAS.....	42
FIGURA 13. EVOLUCIÓN DEL PRESUPUESTO DEL SECTOR AGROPECUARIO. UNIDADES EN MILLONES DE PESOS CONSTANTES DE 2012.....	44
FIGURA 14. COMPOSICIÓN DEL GASTO PÚBLICO AGROPECUARIO POR PAÍSES EN AMÉRICA LATINA (2010-2011).....	45
FIGURA 15. EVOLUCIÓN DE LA INVERSIÓN EN BIENES PÚBLICOS Y APOYOS DIRECTOS EN EL SECTOR AGROPECUARIO. UNIDADES EN MILLONES DE PESOS CONSTANTES DE 2012	45
FIGURA 16. NÚMERO DE DISTRITOS DE ADECUACIÓN DE TIERRAS CON (A) PROGRAMAS O PLANES DE PRODUCCIÓN Y (B) PROGRAMAS O PLANES DE COMERCIALIZACIÓN.....	51
FIGURA 17. CRECIMIENTO DE LA PARTICIPACIÓN DEL SECTOR AGRÍCOLA DENTRO DEL PIB NACIONAL 2003-2013 (%).....	52
FIGURA 18. NÚMERO DE DISTRITOS CON FUNCIONAMIENTO DEL PLAN DE RIEGO	59
FIGURA 19. NÚMERO DE DISTRITOS QUE REALIZAN ANÁLISIS DEL ESTADO DE DISPONIBILIDAD DEL AGUA.....	59
FIGURA 20. ÍNDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA – IANC (%) DE 44 MUNICIPIOS, 2013 Y 2014.....	61

FIGURA 21. PROMEDIO ANUAL DE ÍNDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA EN COLOMBIA. PERÍODO 2010 – 2016	61
FIGURA 22. MATRIZ DE RELACIONES ESTRUCTURALES ENTRE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD DEL AGUA EN EL SECTOR AGUA POTABLE	65
FIGURA 23. DISTRIBUCIÓN DE MERCADO DE PRESTADORES, AÑO 2014	67
FIGURA 24. IPUF PARA ALGUNAS EMPRESAS COLOMBIANAS PRESTADORAS CON NIVELES DE MICROMEDICIÓN SUPERIOR AL 80% EN 2011	70
FIGURA 25. PORCENTAJE PROMEDIO DE MICROMEDICIÓN ENTRE LOS AÑOS 2010-2016	72
FIGURA 26. FUENTES DE FINANCIACIÓN DEL SECTOR AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO (1999-2010).....	73
FIGURA 27. MATRIZ DE RELACIONES ESTRUCTURALES ENTRE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN LOS PROBLEMAS DE PRODUCTIVIDAD Y EFICIENCIA DEL AGUA EN EL SECTOR INDUSTRIA MANUFACTURERA.....	83
FIGURA 28. INVERSIÓN EN I&D COMO PORCENTAJE DEL PIB, PARA EL AÑO 2007 (O AÑO MÁS RECIENTE DISPONIBLE) EN DIFERENTES PAÍSES	86
FIGURA 29. OBSTÁCULOS PARA LA INNOVACIÓN EN LAS EMPRESAS (PORCENTAJE DE TODAS LAS EMPRESAS PARA LAS CUALES ESTOS OBSTÁCULOS SON DE IMPORTANCIA ALTA O MEDIANA).	87
FIGURA 30. MATRIZ DE RELACIONES ESTRUCTURALES ENTRE LOS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD DEL AGUA EN EL SECTOR MINERO.....	95
FIGURA 31. PORCENTAJE DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL MUNICIPAL DESDE EL AÑO 2010 A 2014 EN COLOMBIA.	103
FIGURA 32. IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS ANAEROBIAS PARA AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL ENTRE LOS PERIODOS 1981 A 2007 (IZQUIERDA) Y 2002 A 2007 (DERECHA)	106

1. INTRODUCCIÓN

En el marco del desarrollo de la “*Consultoría para identificar y proponer lineamientos y recomendaciones para mejorar la productividad del uso del agua y la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales y en el reúso del agua en Colombia, a partir de la consolidación de un diagnóstico en la materia para ser considerados en la formulación de la Política de Crecimiento Verde de largo plazo en el marco de la Misión de Crecimiento Verde realizada por el DNP*”, se presenta a continuación la segunda etapa, la cual tiene el propósito de “*priorizar los factores críticos para mejorar la productividad del agua y la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales y el reúso del agua*”.

Lograr transformaciones positivas que permitan alcanzar el escenario deseado de crecimiento verde que el país necesita, implica no sólo considerar el diagnóstico de la situación actual a nivel sectorial, sino además identificar los factores críticos que pueden tener mayor influencia en relación con ese escenario, teniendo como base las visiones de los diferentes actores representativos de los sectores económicos contemplados. Así las cosas, este ejercicio se soporta en el consenso alcanzado entre los diferentes actores con fuerte incidencia en el desarrollo sectorial del país, a través de la identificación, calificación y validación de los factores críticos con algún tipo de incidencia sobre la productividad, el tratamiento y el reúso del agua en los sectores agrícola, pecuario, industrial manufacturero, agua potable y minero.

Este documento inicia con un resumen del diagnóstico de la primera etapa de esta consultoría, el cual es un reconocimiento general de la situación actual respecto al estado de la productividad, el tratamiento y el reúso del agua en Colombia de los sectores mencionados. El proceso de elaboración de la situación actual, por su carácter estratégico, considera los aspectos más significativos y de mayor poder de transformación, por lo que establece una serie de prioridades desde lo técnico, económico, social, jurídico y ambiental, los cuales permiten definir los factores de cambio, así como la urgencia de su intervención.

Por su parte, la elaboración de esta segunda etapa fue abordada desde tres fases, dentro de las cuales se incluye la presentación del diagnóstico en un taller de expertos de los diferentes sectores económicos, con el fin de validar y priorizar los factores críticos definidos en la consultoría, cuyos resultados se presentan igualmente en este documento; así mismo, se realizó un análisis bajo una matriz de relaciones estructurales, la cual apoya la identificación del grado de influencia o dependencia de cada factor sobre los otros y que finalmente concluye en la priorización de los factores críticos más influyentes en los temas de la consultoría (Figura 1).



Figura 1. Metodología desarrollada
Fuente: Elaboración propia

2. METODOLOGÍA: FASES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES CRÍTICOS

2.1 FASE I: DIAGNÓSTICO SECTORIAL ACTUAL

La fase I de la consultoría encaminó sus esfuerzos a cumplir los objetivos de: identificar las causas y los factores determinantes que inciden en la productividad del uso del agua y en la eficiencia y cobertura del tratamiento de aguas residuales y de Identificar el potencial, los factores determinantes y las regiones estratégicas para el reúso del agua. Lo anterior permitió **reconocer los grandes factores de cambio**. Estos factores, en un ejercicio de prospectiva para la planeación estratégica del crecimiento verde del país, como el que se está abordando, corresponden a aquellos factores que pueden gestionarse y permiten realizar una intervención planificada a nivel sectorial.

La identificación de los factores de cambio para los sectores objeto de estudio implicó identificar y analizar las condiciones actuales a nivel sectorial, tarea abordada en el diagnóstico de la actual consultoría. A continuación, se describe de forma general las actividades de dicho diagnóstico.

ACTIVIDADES	COMPONENTES CONCEPTUALES
Estado actual sectorial	1. Diagnóstico de la eficiencia y productividad del agua para los sectores agrícola, pecuario, industrial manufacturero, agua potable y minero. 2. Caracterización general de los vertimientos para los sectores agrícola, pecuario, industrial manufacturero, agua potable y minero. 3. Caracterización general del reúso del agua para los sectores agrícola, pecuario, industrial manufacturero, agua potable y minero. 4. Caracterización general del tratamiento de agua residual en Colombia 5. Analizar el efecto de las variaciones de la Tasa por Uso del Agua-TUA y Tasa Retributiva-TR sobre la cantidad de agua demandada y los vertimientos respectivamente. 6. Identificación general de los grandes factores críticos a nivel sectorial
Análisis territorial	7. Caracterización general de la disponibilidad hídrica en Colombia 8. Identificación de áreas/zonas con potencial para el reúso y recirculación del agua a nivel sectorial en Colombia 9. Caracterización general de la influencia del cambio climático y variabilidad climática a nivel sectorial en Colombia

2.2 FASE II: IDENTIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DE LOS FACTORES CRÍTICOS SECTORIALES

2.2.1 IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE CAMBIO

La identificación de factores de cambio fue el resultado del análisis acerca de las diferentes problemáticas que impiden mejorar la productividad del agua, desarrollar el reúso y tratamiento del agua. Estas problemáticas se encuentran relacionadas con el ordenamiento territorial, la

institucionalidad, la normatividad, los instrumentos económicos, condiciones ambientales, modos y formas de producción y aspectos técnicos y tecnológicos. Para definir estas problemáticas, se tomaron en cuenta ideas como las siguientes:

- Generación de cambios importantes en el modelo económico y de ocupación del territorio: criterio cuyo objetivo es identificar los factores relevantes para el sistema territorial y económico porque modifica sus relaciones al interior y con su entorno. Este criterio parte del hecho de que las transformaciones del modelo económico y de ocupación y de su gobernabilidad son transformaciones que pueden llevar a alcanzar el crecimiento verde en el país.
- Generación de cambios en las dinámicas socioambientales del territorio: criterio relacionado con la capacidad de modificar el territorio a partir de los recursos naturales, bienes y servicios ambientales, la capacidad de soporte; la capacidad social y dinámica cultural. Esta modificación puede ser al interior de los sectores, como sistema o puede trascender a nivel intersectorial.
- Propiciar un mayor equilibrio económico (a partir de una mayor participación en la generación de valor): criterio que considera la capacidad del factor de generar cambios sectoriales en el producto interno bruto, en las cadenas de valor y su modelo de integración, en conclusión, puede modificar la estructura de valor sectorial.

Considerando los criterios expuestos, se completó y enriqueció el análisis con el conocimiento que poseen grupos de actores sectoriales, funcionarios públicos de diferentes entidades y expertos, por medio de un taller consultivo para la identificación de los factores de cambio.

Los factores de cambio en esencia son los que brindan la mirada estratégica para el diagnóstico realizado. En este sentido, la identificación de factores de cambio se define como un proceso de establecimiento de prioridades orientadas a lograr un mayor grado de precisión en la formulación de objetivos para alcanzar el crecimiento verde; con el fin de identificar los aspectos o elementos que resultan más claves para definir las estrategias y proyectos de desarrollo que permitan incrementar la productividad el agua, el reúso y tratamiento del agua en un horizonte temporal de trece (13) años, es decir al 2030.

Como insumo para la identificación y validación de los factores de cambio se utilizaron los resultados del Taller Comité Consultivo 1, realizado en Bogotá el 15 de septiembre de 2017, durante una jornada de cuatro horas. Al ejercicio consultivo se presentaron 22 entidades: UPRA, Corpoica, Ministerio de Minas y Energía, ACODAL, UPME, ANDESCO, BAVARIA, CNPML, Embajada Suiza, FEDERRIEGO, ANDI, SEMANA SOSTENIBLE, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, IDEAM, Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, Agencia Nacional de Minería, POSTOBÓN, Ministerio de agricultura y desarrollo rural, DANE, Empresas públicas de Medellín y el Banco Mundial.

Este ejercicio permitió priorizar los factores de cambio con mayor capacidad de generar dinámicas a nivel sectorial, que influyen sobre la productividad, el reúso y tratamiento del agua. El taller se desarrolló a través de una agenda de trabajo que inició con una contextualización a los asistentes sobre los principales hallazgos del diagnóstico, adicionalmente, se les envió previamente un documento.

Luego se organizaron cuatro mesas de discusión (una por sector, excepto en el caso del sector agropecuario que se consolidó en una sola mesa) en donde se les presentó a los expertos los criterios identificados como aquellos que afectan la productividad del agua, el tratamiento de aguas residuales y el reúso mediante el uso de criterios TEPAS (Tecnológicos, Económicos, Políticos, Ambientales y Sociales). Con esta información los expertos participantes, validaron y priorizaron mediante calificación aquellos con mayor nivel de importancia.

Posteriormente, se generaron ideas de acciones para mejorar la productividad del agua, el tratamiento de aguas residuales y el reúso en cada sector económico, las cuales serán insumo para la tercera y última fase de la consultoría. Finalmente, se socializaron los principales resultados por mesa de trabajo. En el Anexo 1 se presentan los resultados del taller.

2.2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS FACTORES DE CAMBIO

La identificación de los factores de cambio y la justificación de la importancia de cada uno de ellos en el estado actual y futuro de la productividad del agua, el reúso y tratamiento del agua, fue argumentada mediante la descripción detallada y el análisis de cada factor en torno a los aspectos normativos, económicos, sociales y tecnológicos existentes. El objetivo del análisis fue identificar las capacidades que permitieran generar cambios importantes y estratégicos, considerando un horizonte de planificación al 2030. La descripción completa de cada factor puede consultarse en las secciones siguientes.

2.3 FASE III: PRIORIZACIÓN DE LOS FACTORES CRÍTICOS SECTORIALES

2.3.1 PRIORIZACIÓN TÉCNICA

La priorización técnica de los factores de cambio se realizó igualmente de forma participativa, mediante un ejercicio conjunto entre el equipo consultor y los funcionarios del DNP. Este ejercicio utilizó técnicas prospectivas ampliamente conocidas, cuyo objetivo consistió en relacionar cada uno de los factores con respecto a los otros, buscando determinar la capacidad de incidencia de un factor en el desarrollo de los demás o que tan dependiente es de lo que ocurra en relación con otros factores. Este ejercicio es conocido como análisis estructural y permite identificar las capacidades que posee el factor para incidir en el desarrollo territorial.

2.3.2 RELACIONES ESTRUCTURALES

Los factores de cambio como componentes principales y emergentes del sistema a analizar explican en parte la dinámica de éste, pero lo que realmente explica la estructura del dinamismo del sistema de cada sector son las relaciones entre estos factores de cambio, para lo cual se realiza una encuesta matricial de relaciones entre dichos factores. La técnica más utilizada es la del análisis estructural MICMAC¹ y puede ayudarse de software o de una hoja electrónica en Excel, generando como resultado un mapa de relaciones y una estructura cartesiana de los factores desde estas relaciones.

La matriz de relaciones estructurales se debe resolver determinando las relaciones de dependencia e influencia que existen entre cada uno de los factores del sistema. Luego de ser resuelta la matriz de relaciones directas entre los factores de cambio, se socializa la conformación de ésta, desde el consenso de las relaciones dudosas o no, compartidas entre el equipo técnico o grupo de expertos.

¹ Godet Michel, De la anticipación a la acción, Marcombo, Bogotá. 2001

Se genera como resultado una estructura de las relaciones del sistema, las cuales se ubican en un plano cartesiano donde los factores se sitúan de acuerdo con su influencia y dependencia. En la Figura 2 se presenta el sistema dividido en cuatro zonas o cuadrantes.

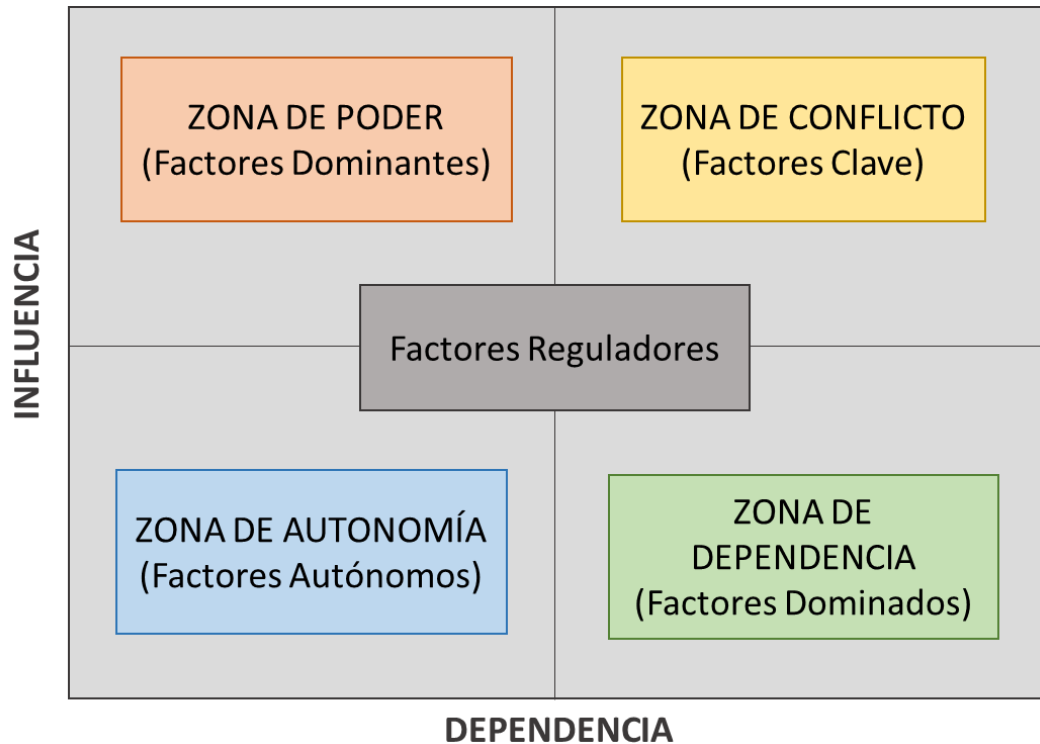


Figura 2. Plano de relaciones entre los factores de cambio
Fuente: Elaboración propia

Se efectúan tres análisis con esta información, la ubicación en los cuadrantes y las zonas conformadas, la estabilidad del sistema y los nodos estructurantes. El cruce de los ejes del plano cartesiano depende de las calificaciones que se le den a la matriz de relaciones estructurales, debe tomarse el valor máximo y mínimo obtenido en la matriz tanto para la influencia como para la dependencia y el cruce del eje será definido en el punto medio de dichos valores.

En el primer cuadrante (superior derecho) se encuentran los factores que influyen y dependen por encima del valor medio matricial, esta zona es llamada de conflicto o de dinamismo y en ella se ubican los factores claves en la dinámica del sistema.

El segundo cuadrante (superior izquierdo) de alta influencia y baja dependencia se denomina la zona de poder o, de entrada, conformándose con los factores de mayor independencia, otorgándoles alta importancia en el sistema.

En el tercer cuadrante (inferior izquierdo) se encuentra la zona de autonomía, donde se ubican los factores con baja influencia y baja dependencia, es decir aquellos factores que funcionan de manera independiente del sistema, no por esto son menos importantes que los demás, igual deben tenerse en

cuenta; sin embargo, las acciones de mejora o solución de las problemáticas asociadas a estos, no generan, en principio, grandes cambios en el sistema.

El cuadrante inferior derecho (cuarto cuadrante) se define como zona de salida y se ubican en ella los factores de alta dependencia y baja influencia, es decir los factores dominados, considerándose sumamente dependientes de los demás factores ubicados en los dos sectores anteriores, lo que infiere que los cambios realizados en los factores clave o dominantes, pueden generar cambios significativos en estos factores de salida.

Por último, se encuentra que un punto importante a resaltar es la característica observada del sistema por su inestabilidad o estabilidad esperada en su dinámica futura, es decir, si existe concentración de factores en la zona de alta dependencia e influencia el sistema es inestable, ante la ausencia considerable de factores en este cuadrante y la presencia en el segundo y cuarto cuadrante el sistema tendría características de estabilidad. Lo anterior representa un elemento muy importante en la determinación del objetivo, pues en los sistemas inestables es muy difícil que las tendencias actuales prevalezcan en el mediano y largo plazo, o se tiene mayor dificultad en predecir su posible comportamiento futuro teniendo mayor grado de incertidumbre sobre su incidencia en la dinámica del sector.

Para efectos de concluir el análisis estructural es muy importante entender los cambios que se presentan en las relaciones directas e indirectas que se presentan entre componentes del sistema, y así, concentrar los esfuerzos en aquellos factores considerados claves en las interacciones que se dan entre los mismos, ya que cambios en dichas componentes pueden tener mayor impacto en el sistema como un todo.

3. SECTOR AGROPECUARIO

3.1 RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO DE EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD DEL AGUA

3.1.1 SECTOR AGRÍCOLA

Colombia cuenta con 8.577.010 hectáreas sembradas entre cultivos permanentes, transitorios, forrajeros y plantaciones forestales (DANE, 2016b). Según el Estudio Nacional del Agua - ENA 2014, el sector agrícola es altamente dependiente del agua verde, ya que el 89% del agua necesaria para suplir el requerimiento hídrico de los cultivos es tomada del suelo, proviene de la lluvia y es aprovechada en su totalidad, mientras que el 11% restante corresponde al requerimiento de riego o agua azul, estimado en 6.942,4 millones de m³/año (IDEAM, 2015). En contraste a este requerimiento hídrico, la demanda hídrica se estimó en unos 16.760,3 millones de m³/año (IDEAM, 2015); este valor de demanda corresponde al agua extraída para riego, es decir, el requerimiento hídrico de riego más las pérdidas en los sistemas de conducción y distribución.

La diferencia de 9.817,90 millones de m³/año entre el agua demandada y el requerimiento de riego, indica unas pérdidas del 59% y una eficiencia en el uso del agua del 41%. Esta eficiencia parte de la relación entre el requerimiento de riego y la demanda hídrica, el requerimiento de riego como el volumen teórico de agua necesaria para suplir la pérdida por evapotranspiración del cultivo y la demanda hídrica como el volumen de agua extraída para riego. Así las cosas, la eficiencia es referida específicamente al uso de agua azul, pues el volumen de agua que es tomado por la planta de la zona no saturada del suelo – agua verde – es aprovechado en su totalidad por la planta, por lo cual en este proceso se asume que no existen pérdidas.

Durante el diagnóstico, se identificó que las mejoras en la eficiencia en el uso del agua y el aumento de su productividad son el reflejo de un aumento en los rendimientos de los cultivos o mejoras en los sistemas de suministro de agua (Alata Olivares, 2005). Desde la UPRA se ha avanzado en el conocimiento de los requerimientos hídricos por tipo de cultivo, con el fin de incluir esta variable en los procesos de zonificación agropecuaria (CTA, GSI-LAC, & UPRA, 2017); sin embargo, aún no ha sido posible obtener algunos datos en gran parte de los distritos de riego, como los volúmenes de agua captados y de retorno; debido a que no se cuenta con información observada en forma directa que permita identificar eficiencias y pérdidas reales.

Así las cosas, los datos de agua extraída han sido suplidos mediante valores teóricos y reportados en la literatura técnica; en el ENA 2014, la eficiencia en el riego fue adaptada a partir de los datos reportados para los métodos de riego en el Perú (Mafla, Cabezas, & Carrasco, 2002) y partiendo de estos valores y de su relación con los requerimientos hídricos se estimaron las demandas de agua por cultivo.

Se identificaron diez cultivos priorizados en Colombia debido al uso del agua, entre ellos se concentra el 84% del requerimiento de riego del país, correspondiente a 5.819,5 millones de m³/año (Tabla 1). Adicionalmente, estos cultivos son reconocidos por su relevancia en los mercados internacionales, por su rentabilidad económica e importancia en la generación de empleo y en la economía campesina, lo que ha propiciado que ejerzan una presión importante sobre los recursos como el agua y el suelo.

La información que se encuentra en la Tabla 1, ha sido obtenida del ENA 2014 y se obtiene en escala de subzona hidrográfica (SZH), encontrando que existen dos SZH con altas demandas en el Magdalena-Cauca, correspondientes a la Ciénaga Grande de Santa Marta y el Río Bogotá y a otras dos en el Caribe: Arroyos Directos al Caribe y el Río Ranchería. A escala departamental, se observó que las mayores demandas y requerimientos hídricos se presentan en los departamentos de Tolima y Valle del Cauca y están dados principalmente por los cultivos de arroz y caña de azúcar (Figura 3). A esta escala, no fue posible obtener las distribuciones de la demanda y del requerimiento hídrico de los pastos de corte y forraje, debido a que no se pudo tener acceso a las bases de datos empleadas, por lo cual las distribuciones que se muestran en la Figura 3 solo tienen en cuenta los ocho cultivos priorizados restantes.

Tabla 1. Requerimiento de agua de riego y demanda hídrica para los cultivos priorizados en Colombia

Cultivo	Requerimiento de riego (Millones de m ³ /año)	Demanda (Millones de m ³ /año)
Pastos de corte	1.744,8	3.229,8
Palma de aceite	975,7	1.793,6
Plátano	938,3	1.760,0
Caña de azúcar	774,9	1.476,2
Arroz de riego	444,5	1.778,1
Pastos de forraje	432,1	799,2
Banano	238,2	446,1
Papa	111,7	221,2
Maíz	103,2	207,4
Flores y follajes	56,1	103,9

Fuente: Elaboración propia a partir de (IDEAM, 2015).

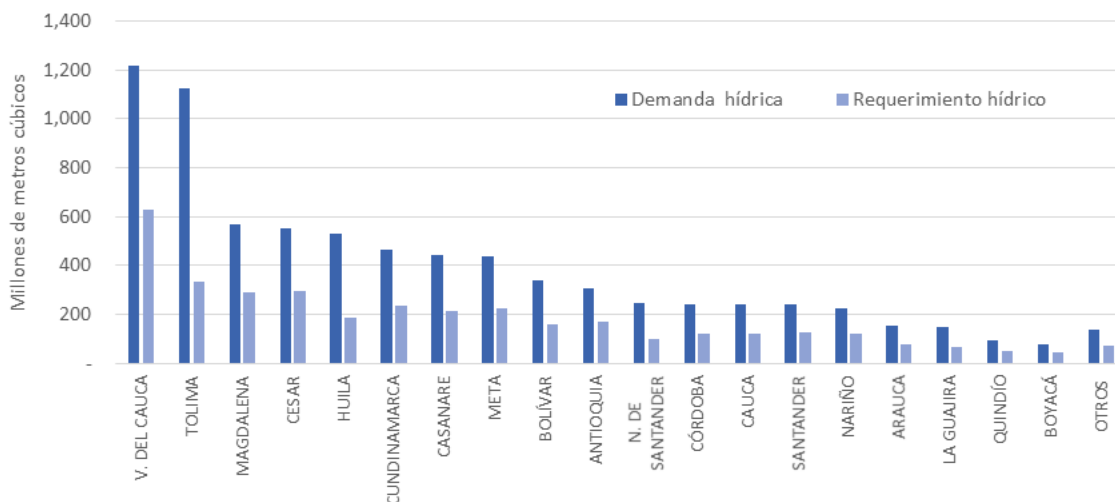


Figura 3. Demanda y requerimiento hídrico en los principales departamentos

Fuente: Elaboración propia a partir de (IDEAM, 2015).

Según se identificó en el diagnóstico, existen deficiencias en la información que dificultan la estimación precisa de la demanda hídrica y por tanto el seguimiento de la eficiencia y la productividad del agua para el sector agrícola. No obstante, es clara la relación entre la eficiencia en el uso del agua y la eficiencia en los sistemas y métodos de aplicación del riego, por lo cual se identificaron los tipos de riego según las bases de datos obtenidas acerca de los distritos de riego del país.

Asociadas a los sistemas de riego, pueden existir pérdidas en la conducción, en la distribución y en la aplicación del riego. Las principales pérdidas en la conducción y distribución se deben a la filtración del agua por la falta de revestimiento de los canales y el mal estado de los mismos. Las pérdidas en la aplicación, se dan al interior de la parcela y son debidas al tipo de riego, factores físicos como la forma y pendiente del terreno, el tipo de suelos y el clima, y a factores humanos como la planeación del riego y la habilidad de quien lo aplica (Nuñez, 2015). En cuanto al tipo de riego, se reconoce que los sistemas de riego presurizados son más eficientes que los métodos por superficie o gravedad (Tabla 2). En este sentido, se identifica que las pérdidas de agua pueden deberse a fallas en la infraestructura, tecnologías empleadas, mal estado de los equipos y operación y manejo de los mismos.

Tabla 2. Eficiencias en los sistemas de riego reportados para Colombia

Reportado para Colombia		
Método de riego	Eficiencia (%)	Porcentaje de participación (%)
Aspersión	75	24,1
Mixto	70	23,9
Gravedad	50	23,5
Goteo	90	11,4
Manual o por mateo		8,7
Bombeo		8,5

Fuente: (DNP, 2016)

Según la Tabla 2, el 24,1% de los distritos en Colombia funciona bajo un sistema de riego por aspersión, mientras que los sistemas más tecnificados como el goteo representan los porcentajes más bajos. Según la Agencia de Desarrollo Rural (ADR), en Colombia existen 733 distritos de riego, 18 de gran escala, 18 de mediana escala y 697 de pequeña escala². De estos distritos, 526 se encuentran en funcionamiento actualmente, beneficiando 74.116 familias y un área de 303.694,5 hectáreas³, lo cual corresponde al 3,5% del área agrícola, según el Censo Nacional Agropecuario – CNA, que es de 8.577.010 hectáreas (DANE, 2016b). A pesar de que no existe consenso en las cifras de áreas cubiertas por riego en Colombia, la UPRA calcula que el área con algún tipo de adecuación es aproximadamente el 3% del área agropecuaria según DANE (2016), en contraste al valor reportado por la ADR, que corresponde a solo el 7% del potencial de adecuación en el país (15,9 millones de hectáreas).

Adicionalmente se identificó que, aunque los distritos de riego del país cuentan con información de localización, escala, fuente abastecedora, principales cultivos irrigados, administración e información de caracterización general, solo para 13 distritos de mediana y gran escala se tienen algunas mediciones indispensables para la estimación de la eficiencia y productividad del agua, como: la capacidad de derivación, el tipo de riego, el volumen de agua captada y los caudales de retorno. Esta información reposa en una base de datos que no es pública y fue suministrada por el Incoder para el ENA 2014. Así

² Según UPRA (2015), los distritos de gran escala favorecen un área mayor a 5.000 ha, los de mediana escala a un área entre 500 y 5.000 ha, mientras que los distritos de pequeña escala son menores a 500 ha.

³ Base de datos suministrada por la ADR (2017).

mismo, en la base de datos que reporta el SIGOT, obtenida igualmente de Incoder, se encuentra información sobre los métodos de riego y la magnitud del caudal, que no se encuentra en las bases de datos de la ADR ni en el SIPRA, y que además corresponde al año 2007.

Así mismo, se observa que si bien existe una distribución espacial de los distritos de riego, en su gran mayoría estos se reportan geográficamente en una geometría de puntos; solamente 81 distritos tienen asociado un polígono que permite identificar espacialmente el área beneficiada, lo cual es de gran importancia para la consulta, evaluación y toma de decisiones a nivel territorial.

Se evidencia una falta de medición y control sobre el uso del agua en los distritos de riego, especialmente los de pequeña escala, así como una desactualización de las diferentes bases de datos y dificultad en el acceso y disponibilidad de esta información. También se evidencia una desarticulación institucional que no ha permitido una definición de criterios para una sistematización adecuada que incorpore los atributos que resulten de utilidad para la toma de decisiones planificadas, ni una asignación clara de las responsabilidades para lograr este propósito.

Debido a que no es posible identificar que volumen de agua es extraído para el riego de cada tipo de cultivo, lo cual impide el cálculo de la demanda hídrica, en el ENA 2014 se estableció una base de datos en donde se consignan las eficiencias asociadas para 254 municipios que reportaron el tipo de riego en la base de datos del SIGOT (Figura 4). Estos valores de eficiencia fueron asignados a cada uno de los cultivos reportados por los distritos de riego, en el caso de que no se tuviera reporte del cultivo se asignó una eficiencia del 50%. Así las cosas, se asignaron eficiencias por cultivo y por municipio para 35 cultivos. El promedio de eficiencia para los cultivos permanentes en Colombia es de 53,8%, para los transitorios de 51,8% y para los pastos de corte y forraje es de 60,8%⁴.

Los 254 municipios que reportaron un valor de eficiencia se localizan en 22 departamentos, para los cuales se muestran los valores promedio de eficiencias según el tipo de riego encontrados (Figura 5). Se observa las menores eficiencias asociadas al método de riego por gravedad (50%) en los departamentos de Sucre, La Guajira y Córdoba; y las eficiencias más altas asociadas al método por aspersión (75%) en los departamentos de Antioquia, Caldas, Cesar y Quindío.

⁴ Información extraída de las bases de datos del ENA 2014.

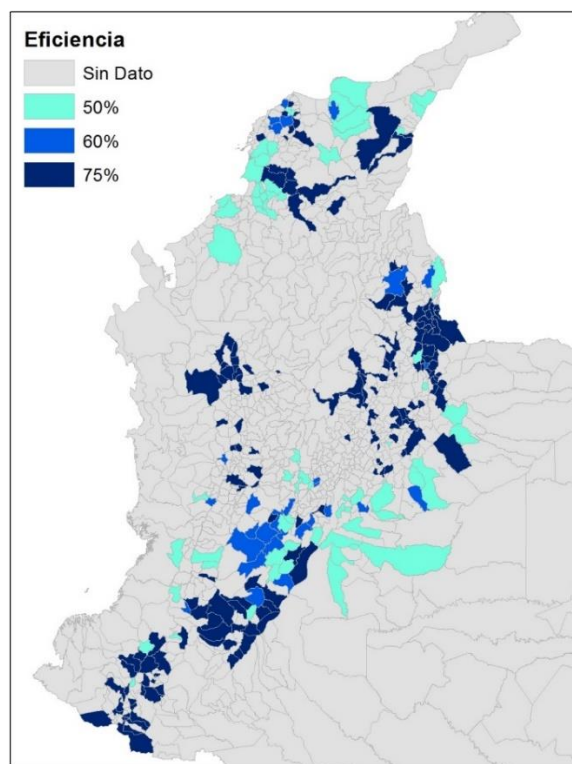


Figura 4. Eficiencia promedio por municipio según los distritos de riego reportados en el SIGOT
Fuente: Elaboración propia a partir de INCODER (2007).

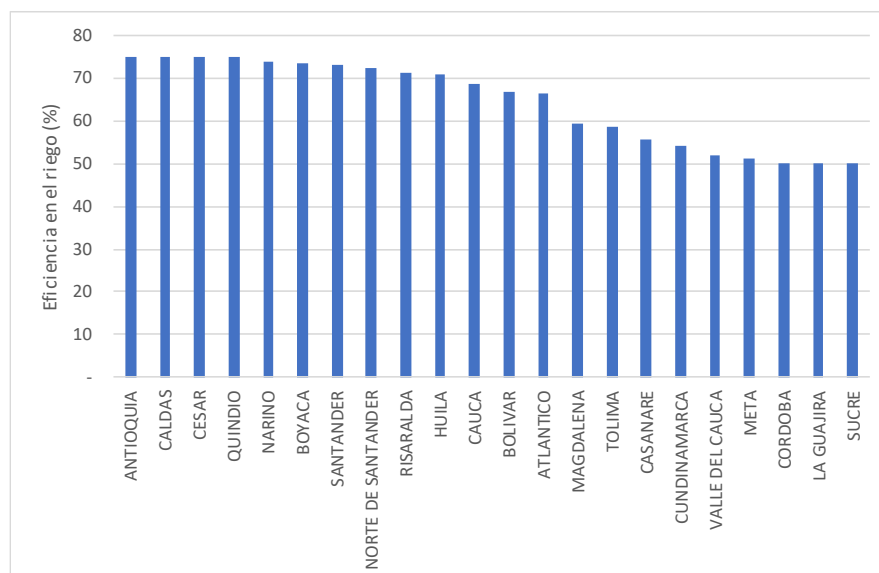


Figura 5. Eficiencia promedio por departamento según los distritos de riego reportados en el SIGOT
Fuente: Elaboración propia a partir de INCODER (2007).

En cuanto a los vertimientos contaminantes en el sector agrícola, estos se deben principalmente a factores como el uso de fertilizantes y plaguicidas, siendo Colombia el país que mayor consumo de

fertilizantes reporta por hectárea cultivable en Suramérica (FAO, 2017). Dichos vertimientos son descargados de manera difusa a través del terreno y no concentrada de manera puntual. El uso de estos fertilizantes y plaguicidas viene aumentando de manera exponencial y no es eficiente, el agricultor utiliza más de lo requerido por las plantas debido a la falta de información técnica. El aporte de nitrógeno y fósforo de dichas sustancias a las aguas superficiales o subterráneas causa eutrofización de las mismas o en otros cuerpos de agua receptores como lagunas, embalses, lagunas costeras, etc., y afecta el uso de estas aguas a lo largo de la red de drenaje.

La práctica de reúso de agua en el sector agrícola ha venido aumentando, siendo una alternativa muy viable en regiones con escasas de agua, especialmente en cultivos de productos que son procesados antes de su comercialización o que no son directamente consumidos por el hombre. En el mundo se cuenta con una amplia variedad de sistemas y tipos de tratamiento de agua, según los diferentes usos. Sin embargo, en Colombia, los casos de reúso de agua residual son pocos, siendo los cultivos utilizados para dicho fin los forestales, frutales, industriales, forrajes, hortalizas entre otros.

3.1.2 SECTOR PECUARIO

La actividad pecuaria en Colombia incluye la cría, levante y/o engorde de diferentes especies animales. En este estudio teniendo en cuenta criterios como la disponibilidad de información, importancia económica y representatividad en el territorio, fueron priorizadas las actividades bovinas, porcinas y avícolas, los cuales presentan el mayor número de animales en el inventario pecuario nacional⁵ y corresponden a las actividades con mayor producción⁶ y mayor aporte al PIB.

El uso del agua para beber y servir a los animales es cerca del 0,6% del consumo de agua dulce a nivel mundial (FAO, 2006). El agua representa 60 a 70% del peso corporal y es esencial para los animales en su funcionamiento fisiológico vital, así como para limpiar las unidades de producción, lavar los animales, enfriar las instalaciones y productos, y para la eliminación de desechos, lo cual se conoce como agua de servicio y se da principalmente en las granjas industrializadas. No obstante, el alto consumo de agua asociado a este sector corresponde específicamente al riego de los cultivos forrajeros, que en esta consultoría se consideran parte del sector agrícola. Así mismo, existe un alto consumo de agua verde, especialmente en los pastos empleados en la ganadería extensiva, sin embargo, en esta consultoría se asume que a este recurso no se le asocian pérdidas, por lo cual no fueron incluidos en este sector. Sin embargo, es de aclarar que, estas áreas de potreros que no son irrigados, corresponden a áreas por lo general de bajos rendimientos debido a la baja densidad ganadera y con suelos empobrecidos en donde la productividad es baja (CTA, IDEAM, COSUDE, & GSI-LAC, 2015).

La demanda para el sector pecuario en Colombia se estimó en 2.643,68 millones de m³ para el año 2012 (IDEAM, 2015), esta incluye el consumo vital de los animales, el agua de servicios y la demanda para las actividades de sacrificio, esta última correspondiente a 1.206,09 millones de m³/año. En este estudio las actividades de sacrificio fueron consideradas en el sector industrial, por lo cual, la demanda para el sector pecuario es de 1.437,59 millones de metros cúbicos. Esta demanda corresponde a la calculada según los módulos de consumo y el inventario pecuario nacional, es decir al requerimiento de agua para las actividades pecuarias, lo cual difiere de lo usualmente conocido como demanda, que es el agua

⁵ Según el Censo Pecuario Nacional (ICA, 2016) existen 22.689.420 bovinos y 5.004.836 porcinos. Fenavi, reportó para el 2016, 797.099.156 aves encasetaadas.

⁶ La carne de cerdo lidera la lista de producción en el mundo con un 42%, seguida de la carne de pollo con un 35,1% y la carne bovina con 3% (DANE, 2012).

extraída, incluyendo las pérdidas. Por esta razón, en este documento se refiere a este consumo como requerimiento de agua pecuario y al agua efectivamente extraída como demanda.

El requerimiento de agua del sector pecuario en relación con la demanda, permite obtener la eficiencia en el uso del agua en este sector. Sin embargo, no fue posible obtener el caudal concesionado a cada actividad pecuaria, dado que no se cuenta con datos específicos sobre cuál es el porcentaje de usuarios con conexión a acueducto y con concesión de aguas. Luego de la revisión de los datos sobre concesiones de agua de las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) realizada para el diagnóstico, se pudo establecer que esta información no tiene el detalle del tipo de uso al que es destinada cada concesión al interior de los establecimientos pecuarios, además no todos los usuarios se encuentran en estas bases de datos, se estima que cerca del 80% de los productores en el sector son pequeños y no tienen concesión de agua⁷, por lo cual no pagan tasa por utilización del agua (TUA).

Por su parte, en el RUA 2016, se encontraron 14 registros con asignación de uso “pecuario”. Sin embargo, se identificó que algunas de estas empresas no tienen relación con el sector y se encontraron registros con errores, tal es el caso de volúmenes vertidos mayores a los extraídos. Estas inconsistencias podrían indicar ingreso de agua de otras fuentes que no se encuentran contabilizadas en la concesión, por lo cual no es posible emplear estos datos para encontrar eficiencias. Esta situación descrita representa una de las principales problemáticas en el sector, la cual tiene que ver con la falta de validación de la información disponible, como en el caso de la base de datos RUA, así mismo como en los expedientes en donde las CAR reportan sus concesiones.

Una amplia gama de factores influyen en las necesidades de agua de los animales, entre ellos la especie animal y factores inherentes, como su condición fisiológica, nivel de ingesta de materia seca y tipo de dieta. Así mismo, factores ambientales como la disponibilidad, calidad y temperatura del agua y temperatura ambiente (Duarte, 2011) y factores como la diversidad en los modos de producción, que determinan especialmente el tipo de producción (intensiva o extensiva) y la escala, también influyen. Esos factores tienen además una alta influencia en la demanda de agua de servicio en los lugares de alojamiento, la cual varía además con el tipo de infraestructura y uso de tecnologías en los sistemas de suministro de agua, así las principales pérdidas que se dan en el agua de servicios son debidas a faltas tecnológicas, como la ausencia de dispositivos ahorradores y a daños en la infraestructura de conducción.

En términos de requerimiento de agua, para el caso de los bovinos se estima que un animal adulto puede necesitar entre el 8% y 10% de su peso en agua, variando este requerimiento además con la edad. Para el subsector avícola, se estima que el requerimiento promedio de un pollo de engorde es de 0,35 litros/día, mientras que una ponedora puede consumir 0,25 litros/día (IDEAM, 2015). En los porcinos, el consumo puede variar entre 0,16 a 0,28 litros por kilogramo de peso vivo, incluyendo el desperdicio de agua, el cual se ha estimado entre el 45% al 60% del consumo de agua por granja⁸.

Con base en el inventario pecuario y módulos de consumo se buscaron estimaciones del agua requerida para las especies priorizadas, encontrando que existen otras limitaciones en la información pecuaria que tienen que ver con la imposibilidad de contar con el inventario exacto de bovinos en producción

⁷ Conclusión obtenida mediante consulta a expertos en Taller de diagnóstico y priorización

⁸ Información suministrada por PORCICOL para ENA 2014

extensiva o intensiva y con los módulos de consumo reportados por diferentes fuentes, los cuales presentan diferencias significativas para cada raza animal, impidiendo la unificación de criterios.

Pese a estas dificultades, se realizaron estimaciones con base en datos de ENA 2010 y 2014 para bovinos y aves, y de la Sociedad de Agricultores de Colombia - SAC (2002) para porcinos, encontrando que el consumo de agua vital para el inventario pecuario total en Colombia para 2016 es de 696,52 millones de m³, de los cuales el 84% se da en bovinos, el 14% en aves y el 2% en porcinos y con las mayores demandas en Antioquia, Santander, Cundinamarca, Córdoba, Casanare y Meta.

El consumo de agua en servicios se estimó con base en datos de la FAO⁹, inicialmente asumiendo todo el inventario bovino en sistema intensivo, encontrando un consumo de 150,74 millones de m³, de los cuales el 76% corresponde a bovinos, el 22% a porcinos y el 2% a aves y luego asumiendo todo el inventario bovino en sistema extensivo, encontrando un consumo de 69,97 millones de m³, con una participación porcentual de 48% para bovinos, 48% para porcinos y 4% a aves. Se destaca Antioquia como el departamento con mayores demandas de agua de servicios para los animales.

En cuanto a los vertimientos en el sector pecuario, estos se deben principalmente a los excrementos, orina de los animales y metales pesados que estos consumen, así como a medicamentos, nutrientes como nitrógeno, potasio, fosforo y patógenos que le aportan a la alta carga contaminante que devuelven al ambiente. Estos vertimientos pueden ser puntuales o difusos, dependiendo de la forma de explotación, intensiva por medio de corrales o extensiva en pastizales; se dan principalmente por malas prácticas de lavado de corrales, en donde no existe un tipo de recolección y tratamiento e igualmente en las plantas de beneficio animal. Sin embargo, estas prácticas han disminuido ya que se ha encontrado un potencial económico como la producción de biogás.

La normativa, en términos de reúso en el sector pecuario, es clara en la prohibición del uso de AR para consumo animal o de servicios, únicamente está permitido el uso de agua residual ya tratada para riego de pastos, con la claridad de que los animales deben alimentarse después de un periodo de 15 días. Así mismo, en los documentos del Consejo Nacional de Política Económica y Social CONPES 3375, 3376, 3458 y 3468, las guías ambientales para cada subsector y la normativa asociada a la política sanitaria y de inocuidad de los alimentos, especialmente la Ley 9 de 1979, el Decreto 1500 de 2007 y las Resoluciones 2341 de 2007, 2640 de 2007 y 2242 de 2013 se hace referencia a la necesidad de agua potable, tanto para el consumo de los animales como para las actividades de limpieza de lugares de alojamiento y del personal, lo cual restringe aún más el reúso del agua en este sector.

3.2 PRIORIZACIÓN DE FACTORES IDENTIFICADOS QUE INFLUYEN EN LOS PROBLEMAS DE EFICIENCIA, PRODUCTIVIDAD Y REÚSO DEL AGUA EN EL SECTOR AGROPECUARIO

Con base en la información compilada en el diagnóstico, se identificaron 15 grandes factores de cambio que influyen significativamente en la eficiencia, productividad y reúso del agua en el sector agropecuario. Estos fueron agrupados en criterios tecnológicos, económicos, políticos, ambientales y sociales (Tabla 3).

⁹ Bovinos: 2 Litros/cabeza/día para los terneros y 16,5 Litros/cabeza/día para adultos y lecheras. Porcinos: 5 Litros/cabeza/día para lechones, levante y ceba; 50 Litros/cabeza/día para hembras remplazo y reproductores; 125 Litros/cabeza/día para hembras cría y 25 Litros/cabeza/día para traspatio. Aves: 0,01 Litros/cabeza/día.

Debido a las características, problemáticas y factores comunes entre los sectores agrícola y pecuario, ambos fueron unificados en una mesa de trabajo (sector agropecuario) para el Taller Comité Consultivo “Diagnóstico y Priorización” realizado a expertos, en donde fueron puestos en discusión estos factores, se validaron algunos de ellos y fueron propuestos otros tres adicionales, correspondientes a: información, apropiación y transferencia del conocimiento, cambio climático y conflicto minifundio/latifundio; este último factor fue considerado dentro del factor “diversidad en los modos de producción” tal como fue sugerido por los expertos. Así mismo, se propuso la integración de “instrumentos económicos” e “incentivos” dentro del factor “normatividad”.

En total resultaron 17 factores que además tienen en cuenta las problemáticas identificadas en la Evaluación de Potencial de Crecimiento Verde para Colombia (DNP, Fedesarrollo, & Instituto Global de Crecimiento Verde Colombia, 2017) en los ejes temáticos productividad del agua dulce, calidad del agua y vulnerabilidad al cambio climático. Cada uno de ellos fue puntuado por los expertos, según su percepción de importancia en los temas de la consultoría, lo cual permitió identificar los factores considerados de mayor importancia en cuanto a la eficiencia, productividad y reúso del agua (Tabla 4).

Tabla 3. Factores que inciden en la eficiencia, productividad y reúso del agua en el sector agropecuario

Tecnológicos	Económicos	Políticos	Ambientales	Sociales
• Diseño y operación de sistemas de suministro de agua • Tecnologías para uso eficiente del agua	• Inversión • Precio del agua	• Instrumentos económicos • Institucionalidad • Normatividad • Articulación en el ordenamiento	• Clima • Disponibilidad hídrica • Geomorfología y Suelo • Especies	• Cultural • Capacitación • Diversidad del sector

Tabla 4. Calificación asignada a los factores de cambio para el sector agropecuario en Taller Comité Consultivo

No.	Factor	Puntaje
1	Diversidad de los modos de producción/Conflicto latifundio-minifundio	19
2	Información/Apropiación y transferencia del conocimiento	10
3	Cambio climático	8
4	Tecnologías para uso eficiente del agua	7
5	Aspectos socio-culturales	7
6	Institucionalidad	6
7	Articulación en el ordenamiento	6
8	Variabilidad climática	6
9	Disponibilidad hídrica	6
10	Capacitación	6
11	Instrumentos económicos	5
12	Sistemas de suministro de agua	5
13	Inversión	5
14	Normatividad	4
15	Condiciones geográficas	4
16	Especies	4
17	Precio del agua	2

De esta manera, la matriz de relaciones estructurales fue evaluada para el subsector agrícola y subsector pecuario por separado. Para el subsector agrícola, los factores **cambio climático** e **información/transferencia** fueron clasificados como “determinantes” (Cuadrante C1), es decir que tienen una alta influencia en los demás factores, pero que son a su vez muy independientes. **Diversidad en los modos de producción**, fue catalogado como muy influyente pero localizado en el límite entre los factores clave y dominados, mientras que **aspectos socio-culturales** y **tecnologías para el uso eficiente del agua**, fueron calificados según la matriz como “dominados” (Cuadrante C4), es decir que son muy dependientes de otros factores y no tienen alta influencia en ellos (Figura 6). Los puntos en rojo corresponden a los cinco factores con mayor puntaje asignado por los expertos en Taller Comité Consultivo “Diagnóstico y Priorización”, los puntos en naranja corresponden a los factores que fueron clasificados en las posiciones 6 a 10 y los puntos en amarillo a los factores con menores puntuaciones.

Por su parte, entre la posición seis y diez en la calificación de los expertos, se observan cinco factores a los cuales les fueron asignados un número igual de puntos, estos se encuentran localizados en la matriz en los dos cuadrantes superiores (C1 y C2), excepto capacitación que fue catalogado como autónomo (C3). La localización de los factores en C1 y C2, indica que son de alta influencia sobre los demás, con tres de ellos muy dependientes (Cuadrante C1: **disponibilidad hídrica**, **Institucionalidad** y **articulación en el ordenamiento**), mientras que **variabilidad climática** se considera poco dependientes (C2). Adicionalmente, en estos dos cuadrantes se observan cuatro factores que no fueron priorizados en el Taller Comité Consultivo, pero que según los resultados de la matriz de relaciones estructurales son altamente influyentes en los demás, estos son, en su orden, **normatividad**, **condiciones geográficas**, **instrumentos económicos** e **inversión**.

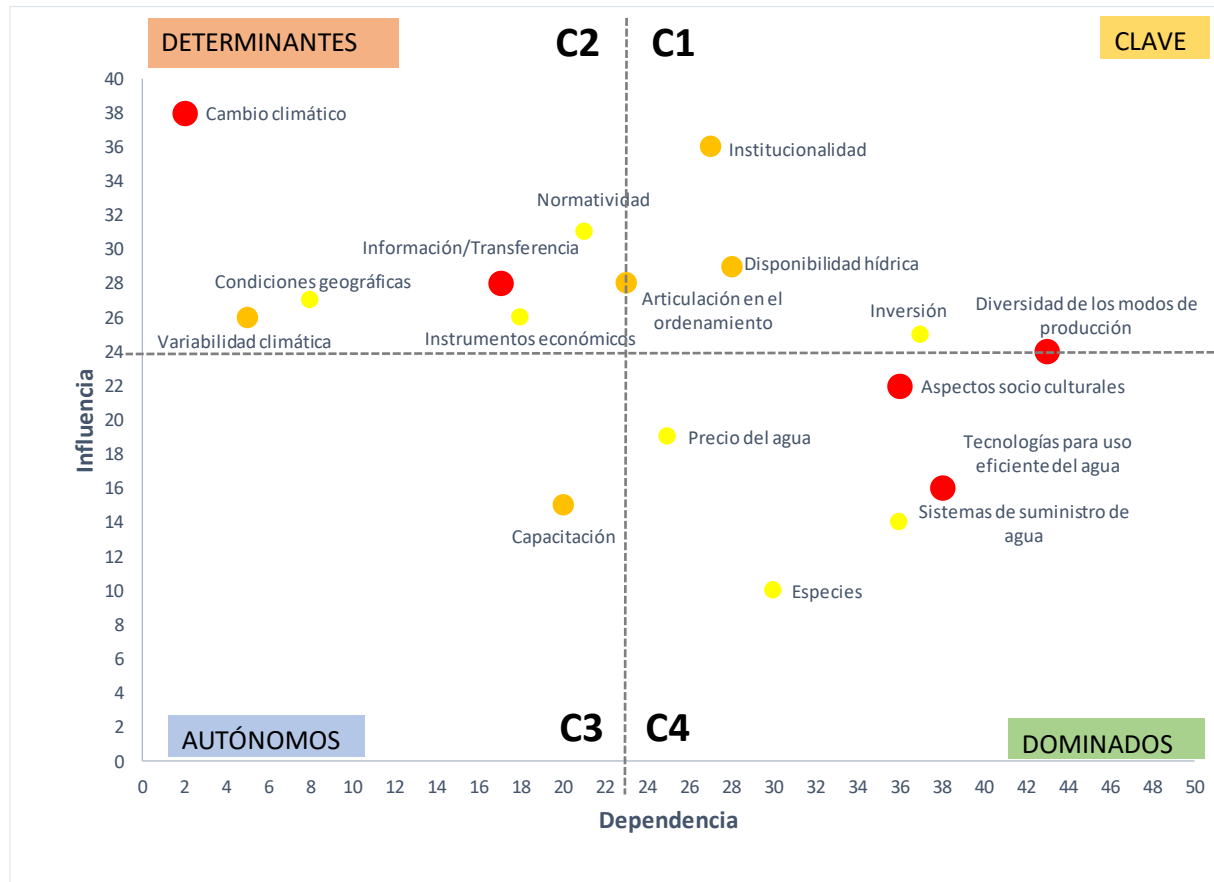


Figura 6. Matriz de relaciones estructurales entre los factores que influyen en la eficiencia y productividad del agua en el subsector agrícola.

Fuente: Elaboración propia

Para el subsector pecuario, de los factores que obtuvieron las mayores calificaciones en el taller, **cambio climático** e **información/transferencia** fueron calificados como “determinantes”, es decir muy influyentes pero muy independientes, mientras que **diversidad en los modos de producción**, **tecnologías para el uso eficiente del agua** y **aspectos socioculturales**, fueron calificados como “dominados”.

Los factores **institucionalidad** y **variabilidad climática**, son considerados “determinantes”, al igual que la **normatividad** y las **condiciones geográficas**. Por su parte, según la matriz, la **inversión** y la **disponibilidad hídrica** son factores “claves” en el subsector pecuario, mientras que **capacitación**, **articulación en el ordenamiento** e **instrumentos económicos** son “autónomos” y **precio del agua**, **especies** y **sistemas de suministro de agua** son “dominados” (Figura 7). Los puntos en rojo corresponden a los cinco factores con mayor puntaje asignado por los expertos en Taller Comité Consultivo “Diagnóstico y Priorización”, los puntos en naranja corresponden a los factores que fueron clasificados en las posiciones 6 a 10 y los puntos en amarillo a los factores con menores puntuaciones.



Figura 7. Matriz de relaciones estructurales entre los factores que influyen en la eficiencia y productividad del agua en el subsector pecuario.

Fuente: Elaboración propia

Con los factores identificados en estos dos ejercicios se buscó establecer cuáles son los más críticos y más influyentes en la eficiencia, productividad y reúso del agua, y que además fueran factores de cambio, para los cuales se pudiera caracterizar un panorama actual, identificando sus problemáticas asociadas y para los cuales se deben establecer estrategias a implementar con miras al crecimiento verde en el país.

Todos los factores localizados en los cuadrantes C1 y C2, fueron priorizados, además de los sugeridos por los expertos que se localizaron en el cuadrante C4. Se excluye el factor “condiciones geográficas” ya que, si bien es altamente influyente en los demás, no se considera un factor de cambio debido a su independencia. El factor “variabilidad climática” y “cambio climático”, son altamente independientes y fueron unificados, se considera que son escenarios, al corto, mediano y largo plazo, para los cuales el sector agropecuario debe estar adaptado. Siguiendo la sugerencia de los expertos en el sector agropecuario, el factor normatividad contempla los aspectos relacionados a los instrumentos e incentivos económicos. Por su parte, el factor inversión queda inmerso en el factor institucionalidad, esto debido a la alta dependencia del primero sobre el segundo. Los factores de cambio identificados como prioritarios en este sector se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Factores priorizados para el sector agropecuario

Tecnológico	Político	Ambiental	Social
Información/Apropiación y transferencia del conocimiento	Institucionalidad	Cambio climático	Diversidad en los modos de producción
Tecnologías para uso eficiente del agua	Articulación en el ordenamiento territorial	Disponibilidad hídrica	Aspectos socio-culturales
	Normatividad		

A continuación, se describen los factores de cambio priorizados para el sector agropecuario y las problemáticas críticas identificadas en cada uno de ellos.

3.2.1 DIVERSIDAD EN LOS MODOS DE PRODUCCIÓN

En este factor se identificaron tres problemáticas principales:

- Baja asociatividad de productores (alto número de productores dispersos)
- Conflicto minifundio-latifundio
- Informalidad en la propiedad de la tierra

La diversidad en los modos de producción está determinada principalmente por la escala en que se produce y depende de la forma en la que se organizan los productores. Tanto en el subsector agrícola como pecuario, la producción puede darse a nivel familiar, de pequeños, medianos y grandes productores. La problemática radica en que los pequeños productores representan cerca del 80% del sector y no se encuentran en modelos asociativos¹⁰, tal como se identificó en el CNA en donde el 70,4% de las Unidades de Producción Agropecuaria (UPA), es decir 1.669.287 unidades que ocupan 2.160.347 ha del área rural dispersa censada, tienen menos de cinco hectáreas, mientras que solo el 0,2% cuentan con más de mil hectáreas y ocupan el 73,8% del área censada (DANE., 2014).

La falta de asociatividad y la pequeña escala en la producción, afecta la decisión por parte de productor de generar bienes con mayor valor económico, la inversión en elementos básicos como maquinaria, mano de obra y tecnologías de uso eficiente, ocasionando una baja rentabilidad para los pequeños productores, ya que no logran reducir los costos de producción y no cuentan con poder de mercado para aumentar precios y trasladar costos a los consumidores.

Mientras los medianos y grandes productores tienen por lo general procesos muy tecnificados, los pequeños productores dispersos producen mediante técnicas tradicionales, en el CNA se encontró que solo en el 16,4% de las UPA se cuenta con construcciones y maquinaria adaptadas para el desarrollo de las actividades productivas (DANE., 2014). Adicional a la falta de trabajo asociativo, en medianos y pequeños productores se evidencia una falta de planeación en las actividades productivas y en el riego (ver numeral 3.2.9); por lo general este tipo de producciones obedecen a picos de mercado, en donde no se establecen planes de siembra/cosecha ni se realizan estudios de la disponibilidad de agua ni planes de riego (DNP, 2016).

Así mismo, la baja asociatividad entre productores influye negativamente en el acceso a capacitación e información, así como a la capacidad de control de las autoridades. Una de las principales problemáticas

¹⁰ Conclusión obtenida mediante consulta a expertos en Taller de diagnóstico y priorización

radica en que a las instituciones no llegan efectivamente a cada uno de los productores dispersos, las capacidades de las instituciones se desbordan y el personal técnico termina siendo insuficiente para atender a los productores¹¹.

La escasa integración productiva entre los pequeños y grandes productores ha limitado también el acceso a mercados, la posibilidad de exportación y la inversión pública y privada, debido a la informalidad en la propiedad de la tierra, la cual es un factor decisivo al momento de acceder a beneficios, subsidios, programas y financiamiento, ya que sin la titularidad no existen garantías para quien invierte. El conflicto entre minifundio y latifundio ha generado brechas económicas y sociales, que han afectado por años el desarrollo económico del sector, evidenciando un conflicto marcado por el poder político y un conflicto social a nivel nacional influyendo directamente el sector rural, acentuando la situación de pobreza radicada en el campo. Se estima que el 62% de la población rural se emplea en agricultura y que cerca de 11 millones de personas que habitan el campo están en condiciones de pobreza (DNP, 2016).

Según Oxfam (2017) el 1% de las explotaciones de mayor tamaño, maneja más del 80% de la tierra, con lo cual el pequeño minifundista ha estado limitado a ser dominado por los grandes terratenientes. El uso de la tierra para grandes explotaciones ha puesto en riesgo los derechos de los campesinos y pequeños productores, afectando su economía y generando problemas sociales, ambientales y culturales. El aprovechamiento de las tierras altamente productivas se ha destinado principalmente al pastoreo extensivo del ganado y monocultivos agroindustriales; se estima que de las 38.871.506,18 ha de pastos en Colombia, el 95% corresponde a pastos mejorados, naturales y sistemas silvopastoriles (IDEAM, 2015), mientras que el CNA reporta que el 35,1% del área agrícola del país, es decir aproximadamente 3.010.530 ha, corresponden a cultivos agroindustriales, en donde las mayores extensiones las presenta el café (30%), la palma africana (16%), la caña panelera (11%), la caña de azúcar (8%) y el cacao (6,6%) (DANE., 2014).

La exportación de productos como frutales, cacao y la palma de aceite, han tomado un papel importante en la economía colombiana. En los últimos años, se han destinado grandes extensiones para este tipo de cultivos, debido al atractivo precio de venta a nivel internacional, ocasionando la pérdida de terreno dispuesta para la oferta de productos básicos, como los cultivos transitorios. Los alimentos que son considerados como básicos en Colombia son el arroz, maíz, cebada, trigo, frijol, papa, plátano y carne, debido a su aporte nutricional en la dieta humana (López Hernández, 2012), estos se han ido limitando a los pequeños minifundios, los cuales no cuentan con la capacidad de suplir la demanda local, generando la necesidad de incurrir en la importación de productos intensificando la pérdida de soberanía alimentaria (Pérez Martínez, 2004).

Además, la importación de bienes agrícolas de países más tecnificados y con menores costos de producción disminuye el precio de mercado local, lo que afecta al pequeño productor que no tiene la capacidad de llevar su producto al mercado a precios competitivos. Esta situación se puede evidenciar en la Tabla 6, en donde se muestra el porcentaje de alimentos como arroz, maíz, cebada, trigo y plátano consumidos en el país y que corresponde a importaciones entre los años 2000 a 2009 (López Hernández, 2012).

¹¹ *Ibidem*

Según lo reportado por Fedearroz se han importado entre los años 2011 a 2016 aproximadamente 944.805 toneladas de arroz blanco¹²; mientras que en cultivos como el maíz las importaciones entre el año 2005 y 2009 superaron las 15.501.691 toneladas, en comparación con la producción nacional que reportó 6.530.702 toneladas en el mismo período de tiempo. De igual manera, según las estadísticas de importaciones reportadas por Fenalce sobre cultivos de cereales y leguminosas para el año 2014 se alcanzaron un total de 3.913.031 toneladas importadas de maíz, 1.715.476 de trigo y 253.337 de cebada¹³, lo que evidencia que se está generando una dependencia de la importación para el suministro de los mismos quedando expuestos a su disponibilidad y a la inestabilidad de los precios internacionales.

Tabla 6. Importación de algunos alimentos entre el año 2000 y 2009

Cultivo	Año	
	2000	2009
Arroz	6,6%	10,7%
Maíz	61,4%	71,8%
Cebada	93,0%	97,6%
Trigo	96,0%	98,5%
Plátano	0,4%	2,1%

Fuente: (López Hernández, 2012)

Por su parte, el coeficiente GINI de tierras, indica que Colombia es el país más desigual en la distribución de tierras de América Latina (Oxfam, 2017), las entidades encargadas de la distribución y repartición de tierras se enfocan en viabilizar los subsidios para proyectos agrarios realizados por convocatorias públicas abiertas y son otorgados a los proyectos mejor estructurados y más rentables, implicando que a los pequeños campesinos que no poseen tierra, se les dificulte el acceso a créditos y subsidios, limitando sus posibilidades de producción, comercialización y especialmente la posibilidad de competir en mercados internacionales, en los que se otorgan subsidios a la producción agropecuaria en un alto porcentaje, llevando los mismos productos al mercado a mejores precios.

Del mismo modo, gran cantidad de las personas que viven en zonas rurales se encuentra en terrenos que fueron despojados por grupos al margen de la ley, los cuales no son propios o no se encuentran debidamente registrados, por lo cual el estado de los derechos de propiedad de las tierras es deficiente, limitando que se tenga información detallada sobre la cantidad de pequeños productores que tiene el país, obstaculizando la recolección de impuestos y ocasionando problemas como la sobreutilización o uso deficiente de la tierra y de los recursos que provienen de ella (Centro de Estudios de Derecho Justicia y Sociedad, 2016).

Según La Oficina del Alto Comisionado para La Paz (2016), existe el 60% de informalidad en la propiedad de la tierra, muchos campesinos cuentan con pequeñas parcelas pero no cuentan con las escrituras de las mismas, esto impide que la tierra sea considerada un activo productivo y por lo tanto es un obstáculo para el acceso a créditos e inversión. Así mismo, en el catastro rural actual, se registra solo el 15% de los predios con el registro actualizado, el 59% tiene el registro desactualizado y el 26% se encuentran sin registro.

¹² <http://www.fedearroz.com.co/new/importaciones.php>

¹³ http://www.fenalce.org/nueva/plantillas/arch_down_load/Impo2010-2014.pdf

Sin embargo, puede considerarse que en Colombia se ha venido avanzando en el tema de propiedad rural. Desde la UPRA, se ha comenzado con la Gestión del Territorio para Usos Agropecuarios (GESTUA), publicada en 2015, con la cual se busca la planificación del uso eficiente del suelo rural agropecuario, con enfoque territorial y teniendo en cuenta las particularidades de los territorios agropecuarios del país, para recomendar políticas y estrategias diferenciadas de gestión, considerando, entre otros, fenómenos como la concentración, desigualdad, acumulación irregular e informalidad en la propiedad de la tierra, abandono y despojo forzado, así como la prevalencia de sistemas productivos de agricultura familiar, mediana escala o agroindustria (UPRA, 2015b).

Así mismo, con el “Acuerdo final para la terminación del conflicto y la construcción de una paz estable y duradera” firmado en 2016, se contempla una Reforma Rural Integral (RRI), en donde se lleve a cabo la formalización masiva de predios rurales para propietarios sin escrituras y un fondo de tierras para campesinos sin tierra o con tierra insuficiente; adicionalmente, existe el nuevo proyecto de Ley de Tierras, por el cual se busca modificar la Ley 160 de 1994 y tiene como base el desarrollo rural del campo y entre ello la identificación de zonas estratégicas de interés agropecuario y el acceso a tierras, la cual incluye la formalización de la propiedad rural.

No obstante, la inclusión de la RRI y de una política de gestión acorde a las condiciones del campo, en Colombia aún existen enormes brechas entre lo urbano y lo rural y un desbalance entre las diferentes formas de producción, entre ellos la agricultura campesina, familiar, mediana y gran agricultura.

3.2.2 INFORMACIÓN/APROPIACIÓN Y TRANSFERENCIA DEL CONOCIMIENTO

Las problemáticas principales identificadas en cuanto a este factor son:

- Deficiencia en la información para la estimación de la demanda hídrica y el seguimiento a la eficiencia y productividad del agua
- Ausencia de una plataforma integradora de sistemas de información validados
- Falta de control y validación en los datos reportados a la Autoridad Ambiental y por lo tanto inconsistencias en la información consolidada en sistemas como el SIRH
- Investigación desviada de las reales necesidades del sector
- Baja capacidad del Estado para lograr un nivel adecuado de transferencia de conocimiento y asistencia técnica

La ausencia de información medida sobre volúmenes de agua captados y volúmenes de retorno, ha impedido el conocimiento real sobre la demanda hídrica en Colombia para cada cultivo y en cada región específica. En el país, aun no es posible hacer un análisis del estado del uso del agua en el sector agropecuario, incluyendo los distritos de adecuación de tierras (DAT), los cuales, si bien han presentado un alto potencial, han tenido un desarrollo muy limitado (DNP, 2016).

Así mismo, en el subsector pecuario, no es posible obtener la demanda hídrica real debido a que se desconoce el porcentaje de usuarios con conexión a muchos de los acueductos, o que cuentan con concesión de aguas. Según Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2014), los datos que reportan las autoridades ambientales (AA), indican que 17.528 usuarios del agua (46% del agua concesionada), obtienen las concesiones para uso agropecuario y que solo el 25% de estos usuarios tienen mediciones. Esta falta de medición impide que se cuente con los volúmenes de agua reales, por

lo cual las decisiones en cuanto a este tema en el sector se han tomado de acuerdo con estimativos teóricos, que conllevan a un uso ineficiente del recurso.

Los reportes sobre los caudales concesionados se encuentran en los archivos consolidados de la TUA que cada AA maneja, para los cuales se han encontrado inconsistencias que indican una ausencia de validación de los datos. Adicionalmente estos no pueden consultarse directamente en un sistema unificado y aunque existe el Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH), las AA no cuentan con las capacidades para realizar esta consolidación, desde las mismas AA se han reportado dificultades impuestas por la arquitectura del sistema SIRH.

Otra dificultad que se encuentra en cuanto a la pertinencia de esta información es que se estima que cerca del 80% de los productores en el sector agropecuario son pequeños y no tienen concesión de agua¹⁴, por lo cual no pagan TUA, y por tanto, no se encuentran en estas bases de datos. Adicionalmente, el uso que se especifica en estos expedientes es “agropecuario”, lo cual no permite diferenciar las concesiones para uso agrícola y pecuario, y en algunos casos ocurre que las concesiones de agua se pueden utilizar en más de una actividad económica, pero en el sistema de información no se reporta que cantidad del agua concesionada y captada se utiliza para cada actividad.

Por su parte, en bases de datos como el RUA 2016, se encuentran algunos registros con asignaciones de uso “pecuario”. Sin embargo, en la revisión de esta se encontraron algunos errores, tal es el caso de empresas con asignación de uso pecuario pero que no realizan actividades del sector o volúmenes vertidos mayores a los extraídos, lo cual podría indicar ingreso de agua de otras fuentes que no se encuentran contabilizadas en la concesión, o simplemente, problemas de medición. Esta situación también indica una ausencia en la validación de la información disponible.

Otra debilidad identificada en cuanto a la información en el sector agropecuario tiene que ver con que, si bien en algunos casos si se cuenta con mediciones y monitoreos, estos se realizan de manera independiente, desde las instituciones y a escala territorial, por lo cual no hay una integración de las regiones para el seguimiento y monitoreo a la eficiencia, la productividad y/o la calidad del agua; así mismo, aun no se cuenta con toda la información validada y consolidada en un sistema unificado de información, lo cual es producto además del recelo con que se maneja la información por parte de instituciones y autoridades¹⁵.

Para los DAT se encontraron inconsistencias en la información reportada por diferentes entidades, por ejemplo, entre el SIPRA, el SIGOT y la base de datos entregada por la ADR. La información del SIGOT se encuentra desactualizada, pues corresponde a los distritos de riego que reportó el Incoder en 2007, sin embargo, es en la única base de datos que se puede encontrar el tipo de riego y caudal en cada distrito. Por su parte, la base de datos entregada por la ADR tiene dos registros de más que la que se encuentra en el SIPRA, estas dos bases de datos comparten la mayoría de los atributos, sin embargo, la base de datos de la ADR contiene información adicional sobre la administración de los distritos, mientras que la base de datos del SIPRA se encuentra distribuida espacialmente. No obstante, solo 81 distritos tienen asociado un polígono que permite identificar espacialmente el área beneficiada, mientras que los demás DAT están reportados en geometría de puntos.

¹⁴ Conclusión obtenida mediante consulta a expertos en Taller de diagnóstico y priorización

¹⁵ *Ibidem*

En cuanto a la investigación, existe la idea de que no se realiza en el sector agropecuario colombiano y es debido a dos razones principales, que surgieron como conclusiones en el primer Taller Consultivo. La primera de ellas es que en el país no se cuenta con una evaluación sistemática de los impactos productivos de las investigaciones, por lo tanto, a pesar de que se generen tecnologías, no se está monitoreando si son pertinentes a la condición del país, y la segunda es que aunque existe investigación, no existe la capacidad de generar programas extensionistas que hagan práctico este conocimiento.

Se considera que en investigación, las principales fallas se dan debido a la identificación de las verdaderas necesidades del sector. Así mismo, desde el Estado no se observa una priorización, teniendo en cuenta la vocación productiva del país. En las convocatorias de Colciencias, no se favorecen los perfiles para investigación agropecuaria, por lo cual los investigadores migran a otros países. No obstante, vale la pena resaltar la importancia de la investigación aplicada, que se realiza a escala sectorial y principalmente por los Centros de Investigación (CENI) de algunos gremios, la cual, por lo general ha representado aumentos en las productividades sectoriales y disminución en los costos de producción.

En cuanto a la inversión en ciencia, tecnología e innovación, según CORPOICA (2015), Colombia invierte menos del 0,5% del PIB, mientras que Naciones Unidas recomiendan una inversión de al menos el 1% para que el país entre en la vía del desarrollo. Adicionalmente, esta inversión históricamente no ha estado en armonía con las demandas por área temática nacionales, tal como se identificó mediante la Agenda Dinámica Nacional de I+D+i (Figura 8).

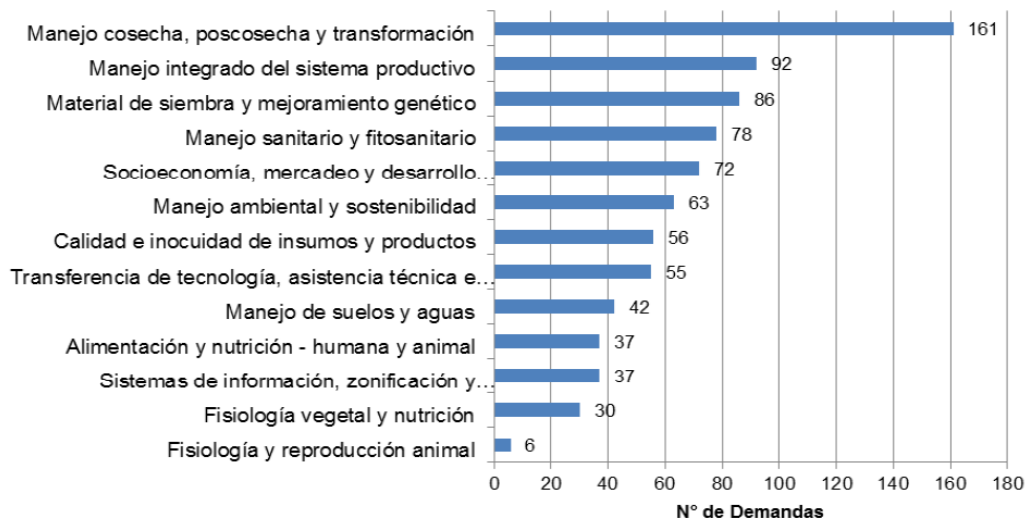


Figura 8. Participación de las demandas por área temática en la Agenda Dinámica Nacional de I+D+i
Fuente: (CORPOICA, 2015)

Según CORPOICA (2015), las falencias en términos de ciencia, tecnología e innovación en el sector agropecuario radican en factores como la alta dispersión de la institucionalidad y de la inversión pública, el bajo nivel en la investigación y su orientación cortoplacista, la desarticulación de la investigación y del ordenamiento productivo, las necesidades del mercado y los conocimientos de los productores, el bajo desarrollo del capital social para la gestión del conocimiento y la innovación, la desconexión entre las necesidades de capital humano para la innovación y las políticas educativas y de formación, el bajo desarrollo de la propiedad intelectual como incentivo a la innovación y un limitado seguimiento a los procesos de innovación. En este mismo informe se evidenció un bajo nivel de relacionamiento entre

actores, especialmente entre los que desarrollan investigación, los productores y quienes actúan como financiadores (CORPOICA, 2015).

Existe además una débil transferencia de conocimiento, que tiene que ver con la capacitación de técnicos y educación a productores a través de programas y proyectos. Realmente en el país no existe un extensionista que baje la escala de las investigaciones y de la información que es generada por instituciones como IDEAM o UPRA.

En cuanto a la asistencia técnica en el sector agropecuario se ha evidenciado que esta no surge de un proceso de planeación sectorial para responder a las necesidades del sector, sino que ha sido reactiva a las demandas que se presentan coyunturalmente, lo cual no ha permitido la participación de actores locales, impidiendo la apropiación en el territorio. No existe la capacidad de caracterizar a los productores, por lo cual no hay diferenciación de sus necesidades y esto impide la prestación de un servicio oportuno y eficaz (CORPOICA, 2015). Según DANE (2014), solo el 16,5% de las unidades de producción agropecuaria del área rural dispersa censada recibieron asistencia técnica para sus labores en el año 2013.

Las UMATAS, que son el principal referente para los pequeños productores como entidades prestadoras del servicio de asistencia técnica, actualmente no existen en varios municipios y los que aun cuentan con esta instancia, se considera que tienen baja capacidad (CORPOICA, 2015). Sin embargo, hasta finales de diciembre de 2017 existían 569 Entidades Prestadoras del Servicio de Asistencia Técnica Agropecuaria "EPSAGROS" inscritas ante las Secretarías de Agricultura Departamentales y ante el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural en Colombia, de las cuales sólo el 13% cuentan con certificado de calidad. De estas EPSAGROS, 337 tienen un ámbito nacional, 220 un ámbito departamental y 12 un ámbito regional; los departamentos con mayor presencia de EPSAGROS son Antioquia y Cundinamarca con 68 y 65 EPSAGROS respectivamente (Figura 9).

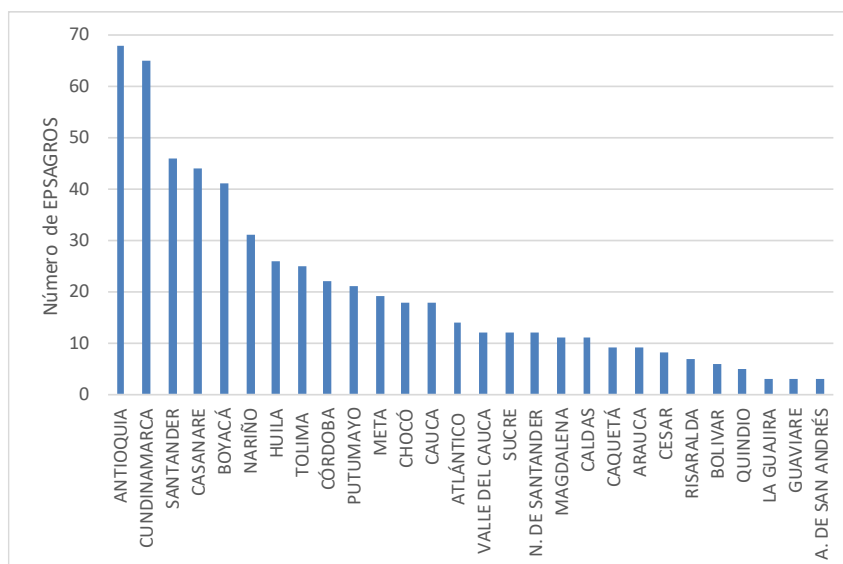


Figura 9. Número de EPSAGROS inscritas ante las Secretarías de Agricultura Departamentales y ante el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

Fuente: MINAGRICULTURA, 2017.

En cuanto al tema de la asistencia técnica, se encuentran tres fallas primordiales: la baja formación, capacitación y actualización a los técnicos y extensionistas, dada principalmente por la falta de financiación para estos proyectos de capacitación, y la poca articulación entre las instituciones del gobierno como el MADR y las universidades o el SENA. Así mismo, no hay coordinación entre las instituciones que generan conocimiento y tienen capacidad de actualización con las que realizan los programas de capacitación a técnicos, lo cual complica la retroalimentación que requiere la investigación para avanzar en temas de relevancia para el sector. De igual manera, no ha existido un control sobre las entidades capacitadoras lo cual impide conocer si realmente tienen la idoneidad para la prestación de este servicio.

Sin embargo, mediante la Ley 1876 de 2017, que crea el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria, se crea además el Subsistema Nacional de Extensión Agropecuaria, con el cual se pretende “...orientar, planificar, implementar, hacer seguimiento y evaluar la prestación del servicio de extensión agropecuaria en el ámbito rural nacional”. Para esto pretende fortalecer este bien y servicio público, realizando acompañamiento integral en el campo y creando capacidades y competencias en los productores agropecuarios.

Finalmente, las problemáticas asociadas a la transferencia de conocimiento están directamente relacionadas con la enorme diversidad del sector agropecuario y la baja asociatividad que existe en los productores, ya que llevar el conocimiento a los pequeños productores desintegrados es muy costoso y desborda las capacidades de las instituciones. Según CORPOICA (2015), los municipios más alejados o que han sido afectados por alteraciones de orden público y actividades ilícitas han quedado rezagados en temas de capacitación; por otro lado, los prestadores de servicio no han trasladado sus funciones a estas zonas por temas de recursos. En este sentido, se encuentran fallas en el IATDR (Incentivo a la Continuidad del Servicio de Asistencia Técnica Directa Rural), el cual está estandarizado y no reconoce las particularidades de cada región.

3.2.3 CAMBIO CLIMÁTICO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA

En cuanto al cambio y variabilidad climática las dos principales problemáticas se refieren a:

- La vulnerabilidad al cambio y a la variabilidad climática
- Baja inversión en adaptación

El agua es uno de los recursos directamente afectados por el cambio climático. Pese a que el CO₂ es asimilable por las plantas y cultivos y que a mayor concentración de CO₂, mayor es el rendimiento fotosintético, este no es asimilable en su totalidad y el exceso podría propiciar alteraciones a los ecosistemas y los servicios que estos brindan, tal como el almacenamiento, filtración y provisión de agua o las relaciones entre plantas y polinizadores, servicios vitales para la agricultura y la ganadería. Así mismo, los cambios en los patrones de precipitación afectan directamente la eficiencia, productividad y reúso del agua; estos cambios, cada vez más impredecibles, agregan incertidumbre a la hora de planificar y ejecutar programas para la producción de cultivos y animales, de acuerdo con sus necesidades específicas en una época determinada.

La calidad del agua y los sistemas de captación y riego también se ven afectados por fenómenos macroclimáticos naturales como el ENSO en sus fases El Niño y La Niña, y por el cambio climático global. El aumento en la precipitación puede causar el desbordamiento de ríos, aumento del nivel del mar e inundación de los cultivos; además puede generar el desprendimiento de material vegetal y mayor

erosión de los suelos, aumentando el contenido de sólidos en las fuentes hídricas, afectando la calidad del agua y convirtiéndose en un obstáculo para el aprovechamiento del recurso o en una amenaza a la infraestructura dispuesta para la captación y distribución del agua; así mismo, puede originar problemas para el transporte de los productos debido a deslizamientos, movimientos en masa y avenidas torrenciales que pueden afectar la infraestructura vial (FONADE; IDEAM; BID, 2013).

Por su parte, en épocas de bajas precipitaciones, se puede presentar estrés hídrico en los cultivos, llevando a la pérdida de los mismos, ocasionando baja productividad y pérdidas económicas para los pequeños, medianos y grandes productores. Se ha evidenciado también que la presencia de hongos, plagas y enfermedades tiene una estrecha relación con los cambios en la precipitación y temperatura, ya que se pueden propiciar condiciones óptimas para su propagación (FONADE; IDEAM; BID, 2013).

El aumento o disminución de la temperatura del aire afecta directamente el ciclo biológico de los cultivos, demandando a las plantas cambios drásticos en sus procesos; un aumento de esta variable ocasiona mayor gasto energético en la planta y por ende, una mayor necesidad de consumo de agua. A su vez, hay un incremento en la evaporación del agua superficial, generando cambios en la disponibilidad de agua en el suelo para dichos cultivos y por lo tanto cambios en las medidas de captación y adaptación. Los incendios pueden ocasionarse como consecuencia de este fenómeno, con el agravante de que generan afectaciones al suelo agrícola, alteraciones al equilibrio de los ecosistemas y vulnerando aún más a las comunidades (FAO, 2013).

Según el estudio realizado por (DNP, BID, 2014) se estima que para el siglo XXI la temperatura media en Colombia tiende a un crecimiento considerable, observando que en la región Andina y la Orinoquía para el periodo de tiempo comprendido entre el 2011 y 2040 el aumento sería de 0,5 °C a 1,5 °C, adicionalmente el aumento de temperatura se desarrolla en todo el territorio con una proporción mayor en los valles interandinos para el periodo 2041-2070, con incrementos de 2,5 °C a 4,5 °C, Finalmente, para el periodo 2071-2100 se estimarían aumentos en los valles interandinos de 4,5 °C a 5,5 °C y en el Litoral Caribe y la Orinoquía el aumento se calcula entre 3,5 °C a 4,5 °C.

El cambio climático es una amenaza importante por la sensibilidad que tienen los cultivos a los cambios en el clima, manifestándose principalmente en las modificaciones que tienen que sufrir las plantas en sus procesos biológicos y químicos. Se ha demostrado que la disminución de los volúmenes de lluvia en algunos cultivos baja el rendimiento de los mismos; lo cual, acompañado del cambio en la evapotranspiración por el incremento de la temperatura, afectaría directamente la disponibilidad hídrica de los suelos. Los cortos periodos de lluvia intensa y largos periodos sin esta, afectan los procesos fisiológicos de los cultivos, por lo que no siempre la importancia del agua radica en su disponibilidad, sino en los ciclos específicos en los que el cultivo la requiera (Jarquin, 2012).

En Colombia, bajo los escenarios de cambio climático en el periodo comprendido entre 2010-2100, se prevé una reducción promedio en los rendimientos de diferentes cultivos; así las cosas, se estima que la producción total se reduciría entre el 1,9% y el 2,8% promedio anual. Se considera que debido al cambio climático, los cultivos pueden perder su capacidad climática en regiones que siempre han dependido de estos, lo cual además generaría una problemática social, de seguridad alimentaria y de fuentes de empleo (DNP, BID, 2014). Teniendo en cuenta que el rendimiento depende también de las tecnologías, del tipo de cultivo y de la región, es importante anotar que pueden existir otros cultivos que sean más fácilmente adaptables al cambio climático, por lo que pueden existir diversos escenarios (Jarquin, 2012).

Para el sector pecuario específicamente, los sistemas inadecuados de pastoreo, generan que los animales acrecienten sus necesidades de consumo de alimento y agua, debido al esfuerzo que deben realizar para la búsqueda de los mismos en los sistemas extensivos; esto aunado a la baja cantidad de animales por hectárea, se traduce en una baja productividad física y económica, que además ocasiona impactos ambientales como la compactación del suelo y los cambios de uso del mismo, influyendo directamente sobre el cambio climático.

Para el sector pecuario pueden presentarse incontables pérdidas ocasionadas por los cambios en las precipitaciones, la falta de sistemas alternativos de almacenamiento de aguas lluvias que puedan destinarse en reemplazo del agua captada de otras fuentes, lo que repercute en el momento en que se presente una sequía severa; igualmente, esto puede generar la pérdida en vidas de animales, sea por inundaciones devastadoras o por escases del recurso, lo cual ocasiona que el sector sea altamente vulnerable a dicho fenómeno (DNP, BID, 2014).

Otro componente afectado es la producción de pastos y forrajes, determinante en la obtención de materia seca de calidad, factor clave para la alimentación de los animales. Mediante simulación en las nueve zonas más distintivas en la producción de carne y leche en Colombia y en diferentes escenarios de escasez o de altas precipitaciones, se ha evidenciado la influencia directa del cambio y variabilidad climática sobre la calidad de las pasturas y forrajes. El aumento de lluvias en regiones donde actualmente los niveles de pluviosidad son bajos, originaría un escenario favorable para las pasturas y forrajes; por el contrario, la pérdida de precipitaciones en departamentos como el Cesar, Córdoba, Casanare, sur de Antioquia, entre otros, donde dicho recurso es bajo y no se mantiene estable, ocasionarían efectos negativos frente a la producción de biomasa. Se estima un promedio de pérdidas anuales en la producción de peso vivo de carne y litros de leche del 1,6% (DNP, BID, 2014).

La reducción en la producción neta de materia seca se da también debido a que no se alcanzan a desarrollar la cantidad de hojas necesarias para el crecimiento del follaje y para acumular un nivel adecuado de carbohidratos, por lo tanto, se evidencia una escasa planificación y rotación de potreros. Lo anterior ocasiona una baja calidad en las praderas debido a la poca porosidad de los suelos produciendo una mala infiltración del aire y el agua, evitando tener una buena profundidad de las raíces y por ende una lenta recuperación del pasto, disminuyendo así los rendimientos, la calidad nutritiva y la capacidad de la carga animal por área, por lo tanto incrementando las necesidades de áreas para el pastoreo, disminuyendo así la productividad del agua (Parga, 2015).

Durante el diagnóstico de esta consultoría, se pudo evidenciar que en cuanto al subsector agrícola, la gran mayoría de distritos de adecuación de tierras (DAT), incluyendo los de mediana y gran escala son vulnerables a inundaciones, lo cual causa pérdidas a los productores y daños en la infraestructura, mientras que en un evento de sequía extrema se presenta riesgo por desabastecimiento (CEPAL & DNP, 2014). Mientras que para el subsector pecuario, en eventos de olas de calor e inundaciones se puede provocar estrés en los animales y podría afectarse la producción y la calidad de la carne y la leche (FONADE & IDEAM, 2013).

Según el Banco Mundial en sus “Reportes del Emisor”, el sector agropecuario es el mayor afectado en su productividad por el Fenómeno de El Niño; la reducción en los rendimientos es de 5,5% para los cultivos permanentes y de 4,4% para los transitorios. Los cultivos más afectados han sido el fique con una reducción promedio del 13%, la yuca y la palma africana (8%) y la cebada (7%); por su parte la producción del grano del café no se ha afectado significativamente, no siendo así en cuanto a su calidad,

esto ha propiciado una reducción en las exportaciones de café excelso. En cuanto al subsector pecuario, la producción de leche ha caído hasta en un 4,9% (UNGRD, 2016), este sector se ha visto afectado con la muerte de bovinos y las dificultades para la alimentación del ganado (FONADE & IDEAM, 2013).

Para el Fenómeno El Niño 2014-2016, UNGRD (2016) reporta 1.185.763 hectáreas afectadas en 20 departamentos, las principales afectaciones se dan en los cultivos que se muestran en la Figura 10. Así mismo, se reportó pérdidas en la siembra de arroz, especialmente en El Caribe y el departamento de Tolima. Por su parte, a diciembre de 2015, el Ministerio había reportado pérdidas en la producción estimadas en 1.289 mil millones de pesos, en donde las principales pérdidas se dieron en los departamentos de Nariño y Boyacá (Figura 11). Así mismo, la presencia de este fenómeno propicia el aumento en los precios de los alimentos, especialmente los perecederos, para 2015, la inflación en estos productos se aceleró de 7,5% a 18,1% entre julio y octubre, mientras que para la carne y sus sustitutos pasó de 2,2% a 4,6% (UNGRD, 2016).

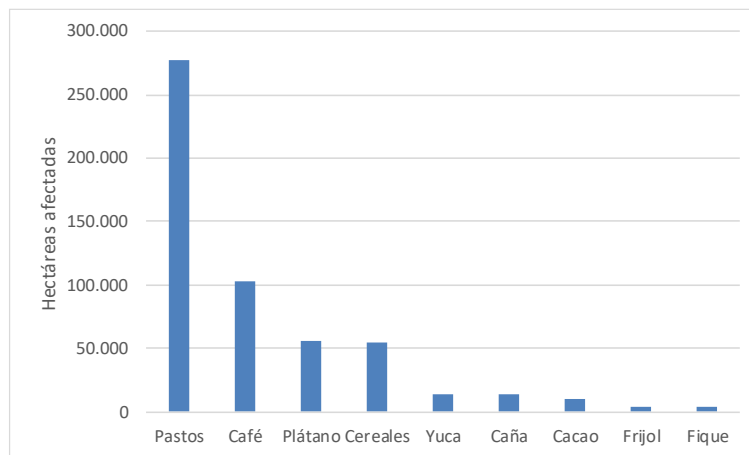


Figura 10. Hectáreas afectadas por el Fenómeno de El Niño en los principales cultivos
Fuente: UNGRD (2016)

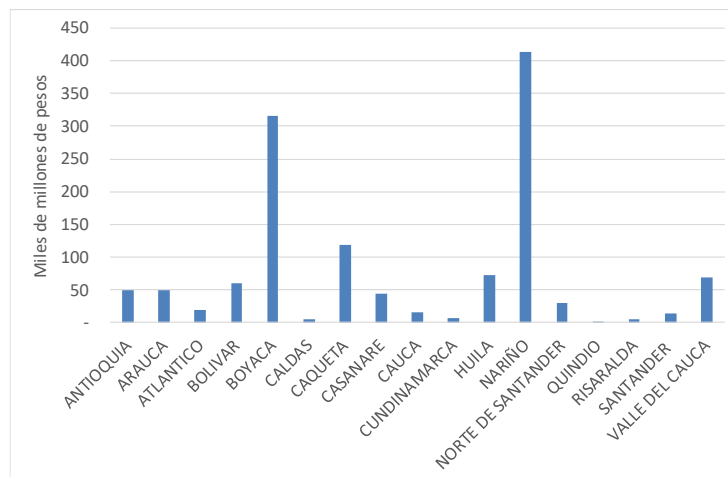


Figura 11. Valor estimado de la producción afectada por el Fenómeno de El Niño por departamento
Fuente: MADR, 2015¹⁶

¹⁶ Información del censo de afectación actualizada al 21 de diciembre de 2015.

Se considera que el sector agropecuario es el primer sector que debe concentrar esfuerzos en adaptarse al cambio climático y variabilidad climática en Colombia, lo cual implicaría la articulación entre la ordenación ambiental y productiva¹⁷. Se requieren herramientas necesarias para mejorar la información ambiental, climática y sectorial para una toma de decisiones efectiva y oportuna, la reducción de la incertidumbre debe mejorar la escala de análisis y lograr acrecentar la productividad y competitividad del sector para hacer frente al aumento de la demanda mundial de alimentos y explotar las ventajas comparativas que posee el país, esto configura un escenario positivo para el sector y más por la importancia que el sector tiene en la seguridad alimentaria, la generación de empleo a nivel nacional y especialmente en el sector rural, y por lo tanto las oportunidades para la reducción de la pobreza y disminuir la inequidad (UNGRD, 2016).

En este sentido, la UPRA ha venido trabajando sobre la zonificación agrícola en el país para establecer las zonas con mayor aptitud para el establecimiento de cultivos. Estos estudios deben definir las zonas en las que se debe invertir en temas de adecuación de tierras. Por su parte, en el sector pecuario es importante en el modelo extensivo, tener en cuenta el acceso a sombras de los animales como factor primordial para el aumento en la productividad y eficiencia del agua, es por esto que se destacan los sistemas silvopastoriles como un modelo exitoso¹⁸, que puede ir de la mano de instrumentos económicos que incentiven este tipo de producción.

3.2.4 TECNOLOGÍAS PARA USO EFICIENTE DEL AGUA

Las problemáticas críticas identificadas en este aspecto son:

- Ausencia de agricultura de precisión
- Ausencia de dispositivos para uso eficiente del agua

El desconocimiento de indicadores climatológicos, de las condiciones del suelo, del manejo de plagas y enfermedades y del requerimiento hídrico en el sector agropecuario son unos de los principales factores que pueden ocasionar baja eficiencia, baja productividad y baja rentabilidad en el sector. La forma tradicional en la producción y la variabilidad de las condiciones del campo impide, en cierta medida, la inversión e implementación de tecnologías eficientes que permitan al productor colombiano, especialmente los pequeños y medianos, competir en un mercado globalizado. Para Colombia, se encontró que en el tema de agua, el sector agropecuario es en el que menos medición realiza; solo el 25% del total de las concesiones reportan medición, lo cual denota una falta de interés asociada a una baja cultura del agua, además de una imposibilidad de implementar programas precisos de monitoreo para la producción (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

La implementación de nuevas formas de administrar los cultivos mediante la aplicación de herramientas tecnológicas que busquen optimizar la producción, son necesarias para la agricultura colombiana. El uso de la agricultura de precisión puede aportar a los productores variedad de beneficios que se pueden ver reflejados tanto en el comportamiento de los cultivos (productividad física y rendimientos), como en la productividad del agua.

Una mayor productividad por hectárea, mejores rendimientos, aumento de la eficiencia en la realización de labores en el cultivo, son algunos de los factores que aquejan a los productores. Mediante el uso de

¹⁷ Conclusión obtenida mediante consulta a expertos en Taller de diagnóstico y priorización

¹⁸ *Ibidem*

sistemas de tecnología satelital que brinden la recolección oportuna de información para un posterior análisis y estudio de las variables estacionales, proporciona una trazabilidad de los cultivos para poder ejecutar las labores de prevención y control adecuadas, llevando a los productores a una correcta toma de decisiones, obteniendo resultados satisfactorios a nivel social, ambiental y económico haciendo frente a aquellos elementos que limitan una correcta producción en cada una de las parcelas (PROCISUR, 2014).

Este tipo de tecnologías se adaptan de acuerdo con la tarea que se desea efectuar en campo y pueden ser incorporadas a la maquinaria dispuesta para las diferentes actividades. Estos sistemas permiten recolectar un estudio detallado de las condiciones del cultivo, entre ellas del suelo y de los requerimientos hídricos, obteniendo y analizando las necesidades reales que permitan llevar a cabo un correcto uso de los recursos. Adicionalmente, mediante agricultura de precisión es posible identificar zonas poco productivas y que requieren un tratamiento especial (García, 2014). De igual manera se facilitan las labores de siembra mediante un sistema mecanizado, el cálculo, la dosificación de las cantidades necesarias de agua y fertilizantes por hectárea, que requieren ser aplicadas en el momento oportuno con el fin de reducir las pérdidas, para contribuir al cuidado de las fuentes hídricas (Ortega B. & Flores M., 2000).

Un alto porcentaje del sector rural no cuenta con mecanismos de extracción, conducción y disposición eficientes en cada una de las parcelas, contribuyendo a los altos costos de producción ambientales y económicos, debido a la cantidad de recursos y de energía consumida para su funcionamiento. La falta de sistemas de control que tengan un registro continuo de las cantidades utilizadas no permiten una correcta regulación; las labores de riego se realizan siguiendo la tradición y experiencia de los agricultores, generando que el recurso sea consumido de manera indiscriminada, ocasionando la degradación del suelo y perjudicando los cultivos debido a la sobre irrigación proporcionada, dicho caso fue evidenciado en el distrito de riego del Alto Chicamocha, donde los agricultores no se encontraban debidamente capacitados para saber el momento adecuado de riego, las cantidades necesarias y la manera en la que se debía realizar, generando disminución y pérdidas de los recursos y poca productividad en sus producciones¹⁹.

El control de la demanda de agua desde una visión tecnológica y sociocultural, además de un estudio detallado de las dinámicas de los factores que influyen o afectan su consumo, es necesario para crear estrategias de uso eficiente del recurso en los sistemas agropecuarios del país. Las condiciones favorables que posee Colombia en cuanto a su ubicación geográfica y la cantidad de agua disponible, debe ser un factor esencial para implementar sistemas eficientes de uso, donde se regulen las cantidades utilizadas de acuerdo con las necesidades hídricas, evitando así su sobreexplotación y desperdicio.

La tecnificación de los distritos de riego con sistemas de medida de tiempo y velocidades de suministro de caudal, permiten tener un mejor dominio sobre las cantidades dispuestas en las producciones de pequeña, mediana y gran irrigación, así mismo es de suma importancia la planeación de operación en los sistemas, teniendo como base el tiempo de frecuencia de riego y el número de posiciones dependiendo del tamaño de los predios, todo esto con base en los parámetros climáticos y de los equipos requeridos (Bermúdez, Páez, & Rodríguez, 2010).

¹⁹ Consultado en <https://es.scribd.com/doc/143122339/Distritos-de-Riego-en-Colombia>

La falta de investigaciones sobre la implementación de los sistemas de riego más adecuados dependiendo del cultivo y de los parámetros físicos de los predios es fundamental para un uso eficiente del agua (García, n.d.). El estudio de los factores de conducción, distribución y aplicación, posibilitan mejores resultados en los sistemas de riego de las producciones; un buen estado y un correcto manejo de los canales principales implica que la eficiencia de conducción sea mayor y así se disponga el agua a los canales de distribución de una manera adecuada, en donde se deben evitar las pérdidas por fugas, estructuras de retención y otros (Ministerio de Agricultura y Riego, 2015).

Igualmente, se deben destinar tiempos de programación de los canales por turno de riego y no disponer todos los canales al mismo tiempo, con el objetivo de que el caudal de riego sea el adecuado y pueda cubrir el perímetro del cultivo establecido, esto proporciona una eficiencia en la aplicación, donde se debe garantizar una cantidad óptima de agua, evitando las sequías y las inundaciones, con el propósito de brindar una cantidad útil de agua que queda en el suelo y puede ser aprovechada por la planta, esta se encuentra determinada por la eficiencia de los diferentes métodos de riego, los cuales deben propiciar uniformidad en la aplicación de agua en cada planta buscando minimizar el consumo de agua y energía (Ministerio de Agricultura y Riego, 2015).

Desde la década de los 90's, a través de sensores remotos, ha sido posible el seguimiento a variables físicas e hidroclimatológicas importantes para la producción agropecuaria, entre ellas la evapotranspiración. Hoy en día, existen numerosas herramientas que permiten no solo monitorear la cantidad de agua necesaria para suplir los requerimientos hídricos de los cultivos, sino también identificar qué cantidad de agua se tiene disponible en un momento y área específica y, medir la eficiencia y la productividad de los cultivos y del mismo recurso hídrico (Baumann, 2013).

Este tipo de tecnologías no son accesibles especialmente a los medianos y pequeños productores, quienes no cuentan con las capacitaciones ni herramientas necesarias para su utilización, adicionalmente pueden llegar a ser poco rentables, dado el grado de inversión requerido. Para estas comunidades, las prácticas agroecológicas pueden representar el soporte para generar mejores ingresos en agricultura familiar, que va acorde al enfoque territorial adoptado en la formulación de los Planes de Ordenamiento Productivo y Social de la Propiedad Rural; en donde se reconoce la necesidad de promover sistemas productivos y formas de acceso a la tierra que sean económicamente viables, ambientalmente compatibles, social y territorialmente cohesionados (UPRA, 2015b).

Por su parte, en el subsector pecuario, las nuevas tecnologías y la transferencia tecnológica, se consideran un factor clave para un crecimiento de la productividad, mediante la cual se logra convertir a los predios ganaderos en negocios más sustentables, rentables y competitivos a nivel mundial. La implementación de procesos más tecnificados ha logrado mostrar significativos avances en la alimentación, salud animal, genética y sistemas de estabulación (FAO, 2006).

En las explotaciones pecuarias tradicionales, los pequeños y medianos productores cuentan con muy poca o nula tecnificación en el aspecto de uso eficiente del agua. Es importante tener en cuenta que se debe garantizar a los animales un suministro de agua adecuado para una óptima disposición en los abrevaderos, en los cuales se debe tener el líquido permanente ya que este permite una apropiada metabolización de los sólidos y nutrientes que son ingeridos. Habitualmente el agua que es extraída de las fuentes hídricas y puesta a disposición en las fincas ganaderas se realiza por medio de tuberías y sistemas de transporte poco eficientes y que presentan altas tasas de pérdidas.

En la provisión de agua de las producciones pecuarias bovinas, porcinas y avícolas, no se evidencia una suficiente implementación de bebederos adecuados generando un nivel inconstante de agua, una incómoda operación y un complejo manejo de la higiene y mantenimiento de los mismos, ocasionando que el animal disponga libremente del agua e implicando pocos ahorros operacionales. Los diferentes sistemas de suministro de agua en el sector no aportan a la sostenibilidad integral de las explotaciones pecuarias de los pequeños productores por su ineficiencia tecnológica. En otro de los casos, en la ganadería bovina extensiva, los animales disponen del agua directamente de las fuentes hídricas, las cuales se encuentran desprotegidas y no se cuenta con una regulación y normativa adecuada para estos requerimientos y procedimientos, ocasionando afectación en la vegetación y los suelos, y generando una alta contaminación debido a los vertimientos difusos al suelo y directos a las fuentes hídricas sin ningún tipo de tratamiento (Chará, Pedraza, Giraldo, & Hincapié, 2007).

3.2.5 ASPECTOS SOCIOCULTURALES

En este sentido, son dos problemáticas críticas las identificadas, ellas se refieren a:

- Baja consciencia ambiental
- Poca percepción de necesidad

Los recursos ambientales y la situación actual de Colombia se ven afectados por el creciente desarrollo de la sociedad, la conciencia ambiental se encuentra en un segundo plano frente a un propósito económico, en donde se buscan los beneficios monetarios por encima del cuidado ambiental, concibiendo la acumulación de riquezas para unos y el aumento de la pobreza en las sociedades más marginales. Igualmente, un deterioro de los ecosistemas influye en la pérdida y desaparición de recursos naturales y de la capacidad para su renovación, la contaminación indiscriminada de fuentes hídricas, suelos y atmosfera conlleva a que se den valores económicos a los recursos y a la creación de herramientas que logren ocultar los impactos ambientales de la actividad económica mediante el pago de impuestos logrando que los problemas ocasionados logren pasar desapercibidos.

La escasa conciencia ambiental y la poca percepción de la necesidad de cuidar los recursos naturales ha llevado a la sociedad a consumir más recursos de los que la naturaleza es capaz de volver a producir. A nivel nacional, la implementación de grandes extensiones de monocultivos y las prácticas ineficientes que son utilizadas para la producción, tienen el potencial de generar efectos negativos al medio ambiente y a la biodiversidad, así mismo, aumentando el riesgo de la disminución de la calidad de vida de la población (Andrade & Castro, 2012).

El uso indiscriminado de agroquímicos es otro de los factores críticos. Los agricultores se ven en la obligación de usar diferentes fertilizantes y plaguicidas para la obtención de sus cosechas, su poca regulación y uso indiscriminado genera que sean depositados directamente a los cauces, además las aguas residuales son vertidas sin ningún tipo de tratamiento físico, químico o biológico, lo que imposibilita directamente su reúso, ya que no se realiza una correcta eliminación de microorganismos posiblemente patógenos, o de metales pesados que pueden también ser absorbidos por los cultivos (Lizarazo Becerra & Orjuela Gutiérrez, 2013).

Se evidencia la necesidad de formar a los productores del país, promoviendo las actitudes, destrezas y valores en cada una de sus poblaciones y comunidades. La educación ambiental es primordial para el entendimiento del cuidado de los recursos naturales, para formar seres humanos íntegros, ya que este no es un simple problema tecnológico sino también un tema social y/o cultural. El trabajo conjunto entre

gobierno, industrias y comunidad debe tener como objetivo no solo maximizar la producción y las ganancias económicas, sino también enfocarse hacia una mirada racional sobre los recursos, los diferentes problemas y consecuencias que tienen hacia futuro cuando no hay un equilibrio entre dicha producción y la capacidad de recuperación del medio ambiente.

La disminución de la población rural y la migración hacia el sector urbano en Colombia ha implicado un crecimiento centralista, propiciando que el sector rural se deje en un segundo plano y que el nivel educativo presente falencias significativas; las tasas de matrícula netas varían según OCDE (2016) en un 26% frente a un 48% en las zonas urbanas; adicionalmente las instituciones en los sectores rurales no imparten un conocimiento integro a las comunidades más alejadas de las cabeceras municipales (Jurado Alvaradán, 2014).

Aunado a este problema, se evidencia una pérdida del sentido de pertenencia de las comunidades rurales, desde una concepción cultural, en que para avanzar en los logros personales se debe de migrar hacia las grandes ciudades, donde se desarrollan actividades económicas más valoradas y la esperanza del ingreso es mayor, por tanto, cuando no hay sentido de pertenencia, no hay un cuidado o una protección hacia el sector, así mismo la economía actual se basa en suplir esas necesidades culturales, por lo que la inversión y el desarrollo se encuentra enfocado en el centro del país.

Según CORPOICA (2015), en Colombia se invierte solo un 10% en financiación para investigación y desarrollo en el sector agropecuario en el tema relacionado con el manejo ambiental y sostenibilidad; este se encuentra superado por factores como manejo sanitario y fitosanitario, agroindustria, manejo de siembra y mejoramiento genético con unos porcentajes de 18%, 16% y 13% respectivamente (Figura 12), lo que ocasiona que la educación e innovación en el sector rural en cuanto al tema ambiental se encuentre débil, o se aborde desde un enfoque tradicional, limitándose meramente a ver el ambiente como los sistemas naturales, y en donde no se incluyen los sistemas cultural, social, político y económico.

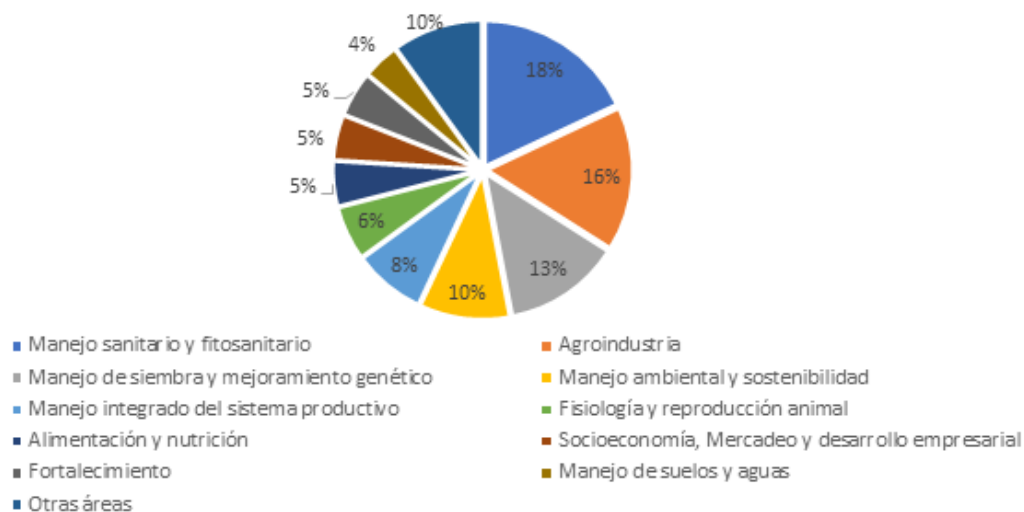


Figura 12. Porcentaje de financiación por áreas temáticas.
Fuente: (CORPOICA, 2015)

La falta de conciencia ambiental y la poca percepción de necesidad en Colombia también se debe a que el tema ambiental es relativamente nuevo y a que el proceso de aprendizaje y percepción no es

inmediato. Se debe considerar además que los hábitos y aspectos culturales con los que se forma una comunidad están fuertemente arraigados con las costumbres y, por lo tanto, implementar nuevas prácticas no es un tema sencillo, sin mencionar la falta de recursos que dificulta aún más este proceso.

A modo de ejemplo se presenta La Política Nacional de Educación Ambiental en Colombia, la cual fue publicada en 1994 y hoy aún se están implementando los PRAE, PROCEDAS, PRAU y demás proyectos ambientales escolares en las diferentes instituciones y comunidades, las cuales de manera reciente han comenzado a tener acceso a la información, tecnología y comunicaciones. Según DANE (2016a), el panorama de acceso a servicios de televisión, línea telefónica, radio e internet en las unidades educativas de la zona rural se observa en la Tabla 7, en ella se muestran las sedes con al menos un bien o servicio de tecnología de la información y comunicación. Se observa que hay una mayor cantidad de unidades educativas en todos los departamentos que no cuentan con estos servicios, y más si se tiene en cuenta que son herramientas importantes para el conocimiento de la realidad y para la educación y concientización de toda la población rural donde no solo se mira la realidad local, sino a nivel global.

Tabla 7. Panorama nacional de unidades con un bien o servicio de TIC.

Servicio	Total Nacional	
	Si	No
Electricidad	30.350	4.516
Televisión	16.070	18.796
Línea telefónica	3.606	31.260
Radio	2.814	32.052
Internet	10.099	24.767
Equipos de computo	31.178	3.688

(DANE, 2016a)

3.2.6 INSTITUCIONALIDAD

Este es uno de los factores identificados con mayores problemáticas en el sector agropecuario. Mediante el Taller Comité Consultivo “Diagnóstico y Priorización” realizado a expertos se identificaron tres problemáticas principales:

- Visión cortoplacista en las intervenciones del Estado
- Baja inversión en bienes públicos sectoriales, en relación con la inversión para apoyos directos
- Ausencia de control Estatal y control de las CAR

Adicionalmente, en el “Diagnóstico de la institucionalidad pública en el sector agropecuario”, DNP (2014), encontraron siete cuellos de botella que impiden contar con un marco institucional moderno y eficiente en este sector:

- Recursos ejecutados a través de convocatorias públicas que no brindan una cobertura óptima y no permiten intervenciones integrales
- Atomización en la ejecución del presupuesto de inversión y altos costos de la tercerización,
- Inflexibilidad en el presupuesto de inversión
- Poca presencia de la institucionalidad sectorial en el territorio
- Débiles instancias regionales para la planificación, ejecución y seguimiento de la política sectorial y de desarrollo rural desde los territorios

- Poca articulación de las entidades del nivel central para el diseño de la política rural y para la provisión de bienes y servicios públicos para el desarrollo rural
- Ausencia de información confiable y oportuna para el diseño de política pública y decisiones privadas.

Se debe destacar que el sector agropecuario colombiano juega un papel fundamental en el desarrollo económico del país, éste representa la base de funcionamiento para los demás sectores, sin embargo la inestabilidad en los presupuestos dispuestos para este sector no permite su estable funcionamiento, la cantidad de ajustes institucionales que son efectuados en el país impiden que el porcentaje de inversión dispuesto por el Presupuesto General de la Nación se mantenga constante y aumente conforme a las necesidades que presenta el sector (Romero Álvarez, 2011), es por esto que la inversión se considera como uno de los principales factores de cambio en la institucionalidad.

Desde el punto de vista de la inversión, según DNP (2014), entre 1990 y 2014 ha existido una inestabilidad en el presupuesto de inversión del sector agropecuario, pasando de 896 millones de pesos a 3,4 billones de pesos en estos 23 años (Figura 13). En este mismo periodo, la inversión para el funcionamiento del sector fue de 8,8 billones de pesos (constantes de 2012), el mayor porcentaje de la inversión fue dirigido a las transferencias (47%), seguido por el gasto de personal (43%) y finalmente los gastos generales (10%).

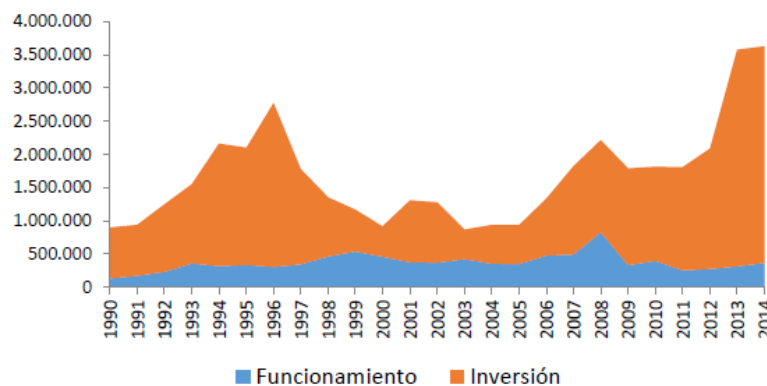


Figura 13. Evolución del presupuesto del sector agropecuario. Unidades en millones de pesos constantes de 2012
Fuente: (DNP, 2014)

Por otro lado, el presupuesto de inversión sectorial en lo que respecta a los recursos invertidos han presentado variaciones significativas en los últimos años. En América Latina se plasmó un énfasis en el gasto en bienes públicos, los cuales tienen enfoque en la investigación, vivienda social rural, protección sanitaria, información, asistencia técnica, entre otros; contrario a lo anteriormente presentado, Colombia ha puesto mayor importancia al gasto en apoyos y subsidios directos, los cuales tienen como enfoque las transferencias directas a productores, incluyendo, entre estos los incentivos al almacenamiento de arroz, compensaciones al precio del algodón, Programa de Protección al ingreso cafetero, entre otros (DNP, 2014).

Adicionalmente, se considera que, en algunas zonas rurales, la inversión del Estado es un factor débil, especialmente para pequeños productores, quienes son subsidiados para producciones puntuales,

fraccionando los recursos y afectando la eficiencia productiva²⁰. Este apoyo directo a productores se ha duplicado entre 1990 y 2012, mientras que los recursos para investigación, desarrollo rural y otros “bienes públicos” son menores, en contra de la tendencia latinoamericana (Figura 14) (CORPOICA, 2015).

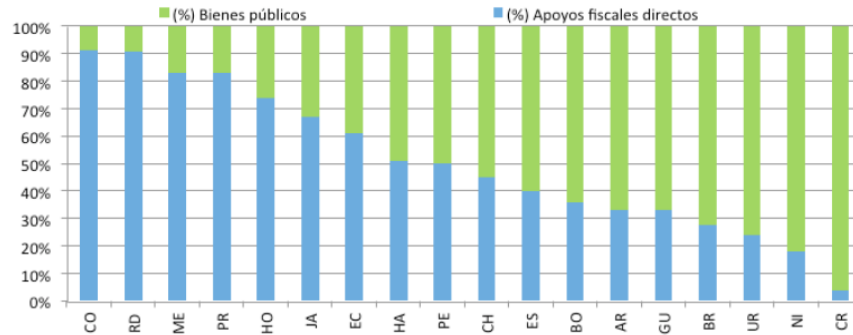


Figura 14. Composición del gasto público agropecuario por países en América Latina (2010-2011)
Fuente: (CORPOICA, 2015).

Así las cosas, entre 2010 y 2014 la inversión en bienes públicos en Colombia creció en un 146%, mientras que la inversión en apoyos directos aumentó en 200% entre el 2010 y el 2013, presentando una caída del 16% en el 2014 (Figura 15). Estos apoyos directos se refieren principalmente a subsidios y compensaciones a la pérdida de ingresos y a incentivos que buscan el mejoramiento de la competitividad sectorial, la inversión en apoyos directos pasó de 182 millones de pesos desde 1990 a 1,8 billones de pesos en 2014 (DNP, 2014).

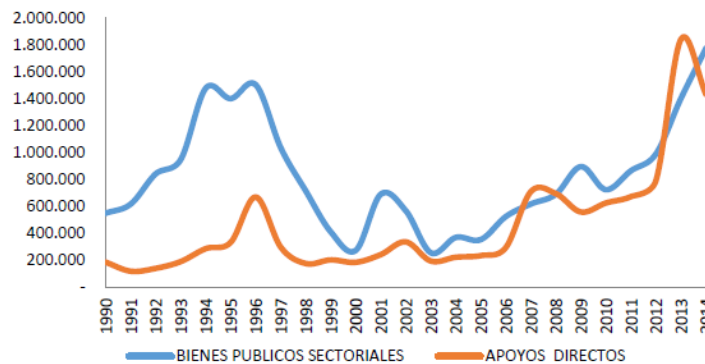


Figura 15. Evolución de la inversión en bienes públicos y apoyos directos en el sector agropecuario. Unidades en millones de pesos constantes de 2012
Fuente: (DNP, 2014)

El bajo porcentaje de inversión en bienes públicos es una de las problemáticas que se identifican especialmente en la Adecuación de Tierras, lo cual trae consecuencias inevitables en la productividad del agua si se tiene en cuenta que parte de la ineficiencia en el uso de este recurso se debe a los inadecuados métodos de riego y a las fallas en la infraestructura de los sistemas²¹.

²⁰ Conclusión obtenida mediante consulta a expertos en Taller de diagnóstico y priorización

²¹ *Ibidem*

Esta falta de inversión en bienes públicos como lo son los DAT se ve reflejada en las principales problemáticas que aquejan este subsector. Así, actualmente los DAT presentan una infraestructura deteriorada o que ya no es operativa, incluso cerca del 30% de los distritos de pequeña escala no funcionan en la actualidad. En la gran mayoría de los casos, la infraestructura ya ha cumplido su vida útil y los procesos de rehabilitación que se han llevado a cabo han quedado inconclusos. La mayoría de canales de conducción y distribución no son revestidos, lo cual causa pérdidas y fugas de agua. La maquinaria empleada es obsoleta, las tecnologías no son actualizadas, al interior de los predios la infraestructura es pobre y hay baja tecnificación; en este sentido, debido a que esta infraestructura intrapredial no hace parte de los proyectos de adecuación de tierras, por lo que por lo general estas obras quedan inconclusas (CEPAL & DNP, 2014; DNP, 2016).

La inversión en bienes públicos se ha visto afectada además por el ajuste institucional que ha sufrido el sector y la eliminación de varias instituciones. Esta eliminación de entidades vinculadas a la ejecución de proyectos en la adecuación de tierras y la poca articulación para el diseño de la política rural, ha propiciado que el MADR sea quien se encargue de varias de las funciones de las entidades eliminadas; perdiendo su rol como rector de política. Puesto que no se estableció una institucionalidad que se encargara de estas responsabilidades, el MADR terminó como el responsable de la planificación, ejecución y seguimiento de las funciones estratégicas; reduciendo su capacidad de cumplimiento de la totalidad de las obligaciones establecidas, implicando la contratación de terceros y reduciendo su presencia a nivel territorial (DNP, 2014).

En el caso de la adecuación de tierras, en la actualidad es la ADR la encargada de cumplir lo establecido en la ley para este servicio público, sin embargo, los usuarios y productores no tienen claridad sobre quien orienta y facilita este proceso en Colombia (CEPAL & DNP, 2014). En este mismo sentido, se destaca la importancia de instancias inexistentes a la fecha como el Consejo Superior de Adecuación de Tierras, como mecanismo de articulación y coordinación de los diferentes Ministerios²².

La escasa presencia del MADR a nivel territorial, implica que las entidades regionales no sean evaluadoras de solicitudes sino que se conviertan en simples tramitadoras de las mismas, esto se debe a que estas no cuentan con la autonomía administrativa y con la capacidad financiera suficiente para la distribución de los recursos dispuestos para el sector agropecuario, propiciando a que se generen falencias de acuerdo a las verdaderas necesidades que se presentan en los territorios, conjuntamente se genera una pérdida de eficiencia, ya que el porcentaje de recursos recibidos es significativamente inferior al pactado en el contrato.

Así mismo, el Estado perdió capacidad de vigilancia, específicamente en el cumplimiento de las obras de infraestructura pactadas con los contratistas para la adecuación de tierras, caso de Asohorqueton – Villanueva en Casanare; Asoalex – Guaitarilla (Nariño) y Asobellavista – Algeciras en Huila; donde quedaron obras inconclusas o no se cumplieron con las especificaciones técnicas; quedando en manos de la comunidad la conclusión de dichas obras. Se encuentra además, falta de participación ciudadana en velar por la correcta ejecución de las obras y la utilización de los recursos financieros y técnicos provistos para los proyectos (DNP, 2016).

Desde el Estado y el control que deben ejercer las Autoridades Ambientales, también se observan grandes falencias, especialmente en el control sobre las concesiones y los vertimientos de agua. Sin

²² *Ibidem*

embargo, a través del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, se han llevado a cabo diferentes estrategias en pro del fortalecimiento institucional en materia de uso eficiente del agua. Es así como entre el Minambiente y las CAR se ha buscado la identificación de las fortalezas y debilidades en las que se debe mejorar y se ha promocionado la inclusión del módulo “PUEAA – Programa del Uso Eficiente y Ahorro del Agua” en el SIRH, con el fin de que la Autoridad ambiental pueda registrar allí su información y hacerle seguimiento.

Por otro lado, desde la institucionalidad, también juega un rol importante las instituciones no gubernamentales, caso de las Asociaciones de Usuarios, impulsadas para el desarrollo de algunos de los proyectos de DAT, sin embargo, no se cuenta con un mercado garantizado y seguridad jurídica para impulsar esta iniciativa. Estas Asociaciones tienen como función principal la administración de su propio distrito, pero no todas las asociaciones tienen los conocimientos y capacidad para hacerlo, la mayoría de ellas no tienen objetivos claros y no cuentan con estructuras organizacionales definidas (CEPAL & DNP, 2014).

En general el subsector de adecuación de tierras no cuenta con una estructura organizacional acorde con sus necesidades, con personal especializado y capacitado, ni existen programas de acompañamiento y capacitación continua para las Asociaciones. Igualmente, no existe una regulación en el servicio público de adecuación de tierras, ni registro actualizado de los usuarios. Por lo general, no existen cuotas de cobro o las tarifas son muy bajas, en especial en el caso de los distritos de pequeña escala, por lo que los recursos económicos para la operación y mantenimiento son escasos. CEPAL & DNP (2014) reportan además que no hay mecanismos de recuperación de cartera, no hay claridad en los títulos de propiedad de los predios por lo que se afecta la gestión del cobro, ni tampoco se realiza reporte a las centrales de riesgos de los deudores morosos.

En cuanto a las problemáticas identificadas por DNP (2014), un alto porcentaje de los recursos gubernamentales para la inversión en el sector se realizan a través de convocatorias públicas, las cuales no cuentan con una adecuada cobertura en el sector rural, debido a la insuficiente divulgación y a la falta de acceso que tienen los productores a estas, adicionalmente la complejidad de exigencias, y las dificultades organizacionales y financieras de las entidades territoriales, impiden que la sociedad civil tenga una mayor influencia en la organización, realización y seguimiento de la política sectorial y de desarrollo rural desde las regiones limitando que se logren los resultados esperados, y que los recursos dirigidos hacia el sector no sean los suficientes.

Se evidencia además una alta inflexibilidad en lo que respecta a los presupuestos de inversión en el sector agropecuario, la falta de institucionalidad y entidades por territorios, que se encuentren articuladas adecuadamente con las instancias a nivel nacional, trae como consecuencia un conflicto entre la durabilidad de los proyectos de inversión pública y la ejecución de los recursos que son asignados, con el tiempo de cumplimiento de los mismos. Teniendo en cuenta que se debe cumplir con un principio de anualidad, la mayoría de los proyectos que son realizados en el sector tienen una durabilidad superior a un año, adicionalmente estos cuentan con una fase de convocatoria o contratación, la cual tiene un tiempo de duración aproximado de 3 a 4 meses, implicando que se reduzca el tiempo y los recursos para poder ejecutarlos, por lo tanto, no se obtienen óptimos resultados en términos de política pública, ocasionando que el porcentaje de ejecución de proyectos y la participación a nivel nacional sea significativamente inferior al promedio del sector público (Pazos Galindo, 2015).

La participación privada en el apoyo para el financiamiento de la adecuación de tierras ha sido muy baja, en parte porque no existe una normatividad clara, no existe un mercado garantizado para que se impulsen este tipo de proyectos, ni una seguridad jurídica que permita la creación de alianzas público-privadas y se promueva este tipo de inversión. Una de las principales problemáticas en este sentido es la falta de garantías en la propiedad de la tierra (CEPAL & DNP, 2014).

Así las cosas, es el Estado quien se ha encargado de las inversiones mediante programas como Agroingreso Seguro, el cual se creó con el fin otorgar incentivos a la productividad y financiaba hasta el 80% de los costos en adecuación de tierras (CEPAL & DNP, 2014), sin embargo fue un subsidio que se orientó a sectores con capacidad de inversión y no a los más vulnerables. Para subsanar estos problemas, mediante la Ley 1133 de 2007 se creó el Programa Desarrollo Rural con Equidad (DRE) en donde se buscó atender a pequeños y medianos productores con créditos e incentivos económicos; este programa continuó con la Línea Especial de Crédito LEC que en una de sus convocatorias, abrió posibilidades para la adquisición de infraestructura de riego y drenaje pero que no tuvo suficiente acogida por parte de las asociaciones, debido a los requerimientos técnicos, que necesitaban una mayor preparación que los términos de la convocatoria.

Sin embargo, el DRE continuó con el fomento a la adecuación de riego y drenaje, en su primera etapa las asociaciones recibieron propuestas de particulares que ofrecían el diseño, para ser beneficiarios por estas asociaciones en la ejecución del mismo, pero las asociaciones no estaban lo suficientemente preparadas para revisar los diseños ni la construcción. En su segunda etapa el programa corrigió implementando una fase de diseño para aquellas asociaciones que no contaban con este, que incluía el plan de negocio y luego en las etapas subsiguientes podían presentar el proyecto más robusto, y con asociaciones más empoderadas a convocatorias para el financiamiento de la construcción. Este programa muestra que, si es flexible, se evalúa regularmente su impacto y se corrige para lograr el mismo objetivo planteado, fomenta no solo la construcción de infraestructura sino también un mayor grado de empoderamiento y conocimiento de las asociaciones de usuarios. Es una lección que el estado debe reconocer y replicar.

3.2.7 ARTICULACIÓN EN EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL

- Carencia de un ordenamiento territorial en planeación con el ordenamiento productivo

Esta problemática surge de unas políticas sectoriales aisladas, que se vislumbran desde la poca participación de los sectores productivos en los procesos de ordenación del territorio. Así las cosas, se observa una alta proliferación de políticas e instrumentos de planificación (Tabla 8), pero una deficiente articulación entre el subsector de adecuación de tierras, el sector agropecuario y el ordenamiento ambiental del territorio.

Tabla 8. Roles y responsabilidades de entidades en el ordenamiento y desarrollo territorial para el sector Agropecuario.

Nivel Territorial	Planes de Desarrollo	Instrumentos de planificación sectorial Agropecuaria	Instrumentos de planificación Territorial Agropecuaria	Políticas/planes de Ordenamiento Territorial	Instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos del país
Nacional	MADR, UPRA, DNP, entidades adscritas				MADS
	PND	PNOSPR, PNOA, PNRMT, ADALE, PMTN	PGESTUA	PGOT: Plan General de OT.	PEMC, PNMRH
Departamental	Oficinas de planeación, secretarías de agricultura desarrollo rural o similares				MADS, CAR
	PDDe	ED-OPSPR	MTA, EOTRA, UGTA	DOTD, POTD	POMCA (armonizados con PMH, PMP, PMIM, DRH, PMF, PAF, PORH, RUAV, CAAP, CAPV, CAPED) PMA, PMAA
Áreas Metropolitanas	Junta metropolitana				
	PIDM		MTA, EOTRA	DOTM, PEMOT	
Municipal	Oficinas de planeación, secretarías de agricultura, desarrollo rural o similares				
	PDM		MTA, EOTRA, CEOUA	POTM	

Fuente: Elaboración propia a partir de (UPRA, 2015b)

ADALE: Áreas de desarrollo agropecuario legalmente establecidas.

CAAP: componente ambiental de los Programas de Agua para la Prosperidad.

CAPV: Componente ambiental en los planes de vida

CAPED: Componente ambiental en los planes de etnodesarrollo.

CEOUA: Categorías espaciales de ordenación de usos agropecuarios.

DOTD: Directrices de OT departamental.

DOTM: Directrices metropolitana de OT

DNP: Departamento Nacional de Planeación

DRH: Delimitación de Rondas Hídricas

ED-OPSPR: Estrategia departamental de ordenamiento productivo y social de la propiedad rural

EOTRA: Estrategia de ocupación del territorio rural agropecuario.

MADR: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

MADS: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

MTA: Modelo territorial agropecuario.

PAF: Planes de Aprovechamiento Forestal.

PDDe: Plan de desarrollo departamental

PDM: Plan de desarrollo municipal

PEMC: Planes Estratégicos, en las Áreas Hidrográficas o Macrocuencas.

PEMOT: Plan Estratégico metropolitano de OT.

PGESTUA: Política de Gestión del territorio para usos agropecuarios

PIDM: Plan Integral de desarrollo metropolitano

PMA: Planes de Manejo Ambiental de Microcuencas, en las cuencas de nivel inferior al del nivel subsiguiente de la Subzona Hidrográfica.

PMAA: Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos.

PMF: Planes de Manejo Forestal

PMH: Planes de Manejo de Humedales.

PMIM: Planes de Manejo Integrales de Manglares.

PMP: Plan de Manejo de Páramos.

PMTN: Plan de manejo de tierras de la Nación

PND: Plan Nacional de Desarrollo

PNMRH Programa Nacional de Monitoreo del Recurso Hídrico, en las Zonas Hidrográficas.

PNRMT: Plan nacional de regularización de mercado de tierras.

PNOPA: Plan Nacional de ordenamiento productivo agropecuario.

PNOSPR: Plan nacional de ordenamiento social de la propiedad rural.

POMCA Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, en Subzonas Hidrográficas.

PORH: Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico.

POTD: Plan de OT departamental.

POTM: Plan de OT municipal

RUAV: Reglamentación de Usos de Agua y de Vertimientos

UGTA: Unidad de gestión territorial agropecuaria

UPRA: Unidad de Planificación Rural Agropecuaria

Mediante estudio realizado por DNP (2016), se encontró que las actividades encaminadas a la adecuación de tierras y el ordenamiento agrícola parecen no ir de la mano con los instrumentos de planificación como los POT y POMCAS, situación identificada al encontrar un desconocimiento de estos instrumentos por parte de las administraciones de los distritos de adecuación de tierras (DAT) y la cual se hace más crítica si se tiene en cuenta la ausencia o desactualización de los mismos en gran parte del país.

Adicionalmente, se encontró que la priorización de los proyectos de adecuación de tierras no está articulada con el desarrollo productivo del sector agrícola, la necesidad de los mercados ni la gestión integral del recurso hídrico y de cuencas; estos proyectos, corresponden al desarrollo de infraestructura, sin un plan productivo marco que integre las obras físicas en programas y proyectos. Así las cosas, distritos de adecuación de tierras con grandes inversiones terminan siendo subutilizados en pequeñas producciones, lo cual evidentemente afecta la productividad del agua (CEPAL & DNP, 2014). Según DNP (2016); de 28 DAT encuestados solo en seis funciona un programa o plan de producción y en 10 DAT se ha implementado un programa o plan de comercialización (Figura 16).

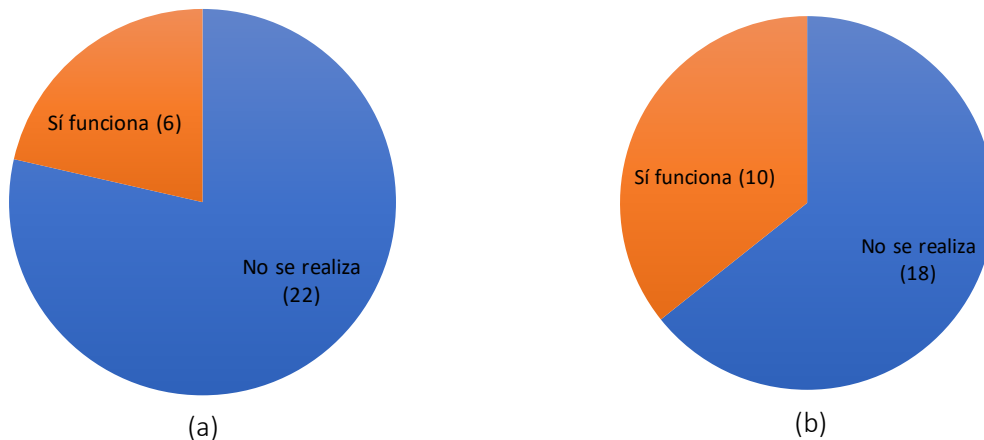


Figura 16. Número de distritos de adecuación de tierras con (a) programas o planes de producción y (b) programas o planes de comercialización
Fuente: (DNP, 2016)

La problemática de articulación mencionada, en parte se presentaba por la inexistencia de una guía eficiente para la priorización de proyectos de adecuación, con criterios técnicos y replicables para cualquier contexto y pese a la existencia de la "Guía ambiental para la construcción y operación de proyectos de adecuación de tierras (distritos de riego y/o drenaje)" (INAT, 2003), se consideraba que no existían criterios unificados ni una manera de realizar una evaluación ex post con el fin de evaluar las inversiones y los proyectos ejecutados (CORPOICA, 2015). Sin embargo, actualmente se cuenta con el manual "Especificaciones técnicas generales para proyectos y distritos de adecuación de tierras" publicada por la ADR (2017).

La dificultad de involucrar el ordenamiento ambiental y del territorio en el ordenamiento productivo es un problema de doble vía; los municipios, por lo general no realizan su Programa Agropecuario Municipal, en el caso de que este sea diseñado, por lo general no es vinculado al Plan de Desarrollo Municipal; en parte por una baja capacidad técnica, que recae en la UMATA (entidad que ha sido eliminada en algunos municipios) (CORPOICA, 2015).

Así mismo, es escasa la articulación de la planeación municipal con la departamental y con los planes de ordenamiento productivo a escala nacional (CORPOICA, 2015). Es así como desde la UPRA se zonifica a escala nacional, pero no ha sido posible llevar estas zonificaciones a escalas más detalladas. No obstante, actualmente se cuenta con la guía de "Preinversión en proyectos de adecuación de tierras" (UPRA, 2015c), en donde se mencionan los lineamientos, criterios e instrumentos generales para este tipo de proyectos y en donde se considera en principio, los proyectos de adecuación de tierras como integrales en cada territorio, con particularidades en sus características propias, tales como las técnicas, sociales, organizacionales, ambientales, económicas y financieras.

Adicionalmente, desde esta misma entidad se formuló la GESTUA, la cual tiene en cuenta la articulación de las dimensiones social, cultural, ambiental, económico y político del desarrollo rural; a través de la articulación y armonización de los instrumentos de planificación y gestión sectorial del desarrollo rural agropecuario, entre ellos ambiente, vivienda, infraestructura y servicios, y busca la articulación horizontal y vertical de los instrumentos de planificación y gestión territorial del desarrollo y ordenamiento territorial rural agropecuario entre la Nación y las entidades territoriales. Esta GESTUA busca además la sostenibilidad, equidad y descentralización, permitiendo que las políticas y planes

nacionales puedan escalarse a nivel regional, departamental y municipal, por lo cual busca la solución de las necesidades reales que se tienen en el campo colombiano (UPRA, 2015b).

3.2.8 NORMATIVIDAD

Las principales problemáticas asociadas al tema normativo son:

- Normatividad laxa y dispersa
- Ausencia de incentivos
- Débiles instrumentos económicos

La normatividad en el sector agropecuario y ambiental se considera laxa y dispersa y denota una falta de articulación política y de continuidad tras cada periodo electoral (Urrutia Cobo, 2006). Cada Ministerio fija unas prioridades sin tener en cuenta una articulación intersectorial, lo cual conlleva a que para inversión y desarrollo sean priorizadas las actividades económicas con mayor aporte a la economía, desconociendo otro tipo de beneficios para el país como los sociales²³.

La migración de la población rural a las zonas urbanas ha propiciado una transformación de las actividades económicas en los últimos años en Latinoamérica. El aporte del sector agrícola al PIB ha disminuido en 15,4% en promedio entre 2003 y 2013, sin embargo, esta situación es más crítica en Colombia, en donde el sector agrícola perdió mayor participación en el PIB nacional durante los últimos 10 años (Figura 17) (DNP, 2016). Esto ha propiciado que se le dé prioridad al crecimiento económico del país, sin considerar las externalidades negativas en términos ambientales asociadas a ese crecimiento.

Estas externalidades se evidencian en la presencia de conflictos de uso del suelo, que involucran la adecuación de tierras especialmente con usos urbanos y de ecosistemas estratégicos. Debido a la falta de integralidad en el manejo de los recursos y en relación con el ordenamiento de cuencas, los distritos se ven afectados por problemáticas como: baja disponibilidad de agua, sedimentación, mala calidad del agua, conflictos de uso del suelo y generación de residuos sólidos y líquidos (CEPAL & DNP, 2014; DNP, 2016).

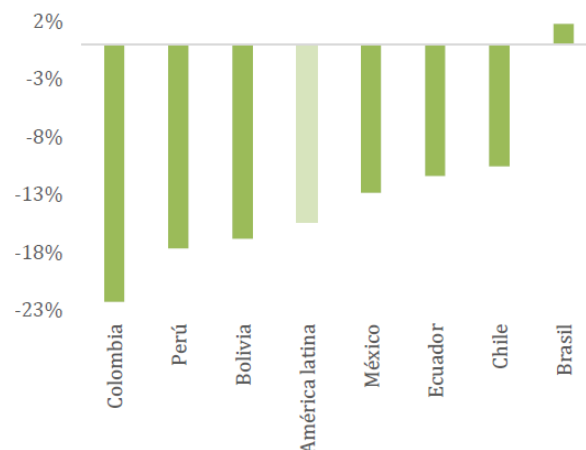


Figura 17. Crecimiento de la participación del sector agrícola dentro del PIB nacional 2003-2013 (%)

Fuente: (DNP, 2016)

²³ Ibidem

Se considera que en el sector existe proliferación instrumentos normativos, entre ellos: planes de desarrollo regional y nacional, planes de competitividad, leyes, decretos y documentos CONPES, que denotan una alta volatilidad y baja coherencia en la política para el ordenamiento, en un sector que requiere acciones a mediano y largo plazo. La normativa pareciera excesiva y cambiante, el ajuste institucional que se ha dado en el sector ha propiciado que el MADR pierda su rol de organismo rector, adicional a esto no hay claridad sobre las competencias de las instituciones y no existen mecanismos para la difusión de las políticas, las herramientas y sus reformas en el campo; se considera que existe un desconocimiento generalizado en el sector rural de la política sectorial, a nivel regional no existe un puente de comunicación y extensión de la política pública (CORPOICA, 2015).

Un tema importante a nivel normativo son los incentivos por parte del Estado para la inversión en el sector agropecuario, los cuales no han sido claros ni sostenidos en el tiempo y en su mayoría obedecen a presiones de productores y no a una visión de desarrollo a mediano y largo plazo del Estado, sino que funcionan bajo un modelo asistencialista, como apoyos directos para producciones puntuales. Adicionalmente, no existen incentivos al uso eficiente del agua, por el contrario, el precio del agua, especialmente en el sector agropecuario es muy bajo, lo cual no incentiva al uso eficiente del recurso. Así mismo, aunque se reconoce que existe un gran potencial en la utilización de aguas residuales tratadas, no hay incentivo al reúso, por el contrario, la normatividad existente al respecto pareciera desincentivar esta práctica.

Los incentivos por parte de Estado para motivar la producción en el sector agropecuario han girado en torno a créditos especiales y beneficios tributarios. Uno de los principales problemas que tiene el sector rural en Colombia es la financiación, los pequeños productores de zonas apartadas del país no están bancarizados, por lo que se les dificulta obtener créditos para financiar su actividad económica, dado esto en Colombia opera el Banco Agrario, institución bancaria del Estado que tiene como objetivo llevar servicios financieros a las zonas rurales del país, facilitar el acceso al crédito de los pequeños y medianos productores agropecuarios y ofrecer mayores facilidades de pago que el resto de la banca comercial del país, como por ejemplo, bajas tasas de interés y amplios plazos de pago acordes a tiempos de retorno de inversión de los diferentes proyectos agropecuarios que se financian, a fin de inyectar músculo financiero al sector e impulsar su crecimiento.

Actualmente el Banco Agrario llega al 94% del territorio nacional y cubre varios municipios donde otras entidades bancarias no llegan. El Banco Agrario ofrece un amplio portafolio de servicios financieros especializados para el sector agropecuario y agroindustrial, además de los servicios financieros, el banco acompaña a los productores rurales en la estructuración de su proyecto productivo y tiene múltiples alianzas con gremios del sector para impulsar la productividad y competitividad en el campo colombiano²⁴. En cifras más recientes el actual ministro de agricultura y desarrollo rural Juan Guillermo Zuluaga acaba de publicar que en el año 2017 se otorgaron créditos para el sector agropecuario por valor de \$16.3 billones, la cifra más alta en los últimos 26 años²⁵.

En cuanto a incentivos tributarios estos buscan llevar una mayor inversión al campo utilizando como incentivo una reducción de los costos por concepto de impuestos. En este tema la legislación ha sido

²⁴ <https://www.bancoagrario.gov.co/BancaAgropecuaria/Paginas/default.aspx>

²⁵ https://twitter.com/JuanGZuluaga/status/948739583516332032/photo/1?ref_src=twsrc%5Etfw&ref_url=https%3A%2F%2Fwww.finagro.com.co%2Fproductos-y-servicios%2FICR

relativamente variable, por ejemplo, la Ley 14 de 1983 en su artículo 49 establece que no se debe imponer gravámenes de ninguna clase a la producción primaria, agrícola, ganadera y avícola, sin que se incluya en esta prohibición las fábricas de productos alimenticios o toda industria donde haya un proceso de transformación por elemental que este sea (Presidencia de la República de Colombia, 1983).

La Ley 1111 de 2006 establece una reducción del impuesto de renta para inversiones en acciones de empresas del sector agropecuario, para lo cual el inversionista deberá conservar las acciones por un periodo mínimo de 2 años²⁶. Mientras que la Ley 1607 de 2012 declara como bienes exentos del pago de IVA múltiples bienes del sector agropecuario además de las materias primas para la producción de plaguicidas, insecticidas y fertilizantes (Presidencia de la República de Colombia, 2012).

Aun así, se considera necesario generar nuevos incentivos para la producción en el campo que más que buscar financiar los proyectos agropecuarios busquen aumentar la rentabilidad del sector, por ejemplo, mejorar la red vial terciaria del país es fundamental para reducir los costos de transacción²⁷ de los productores rurales y aumentar los beneficios derivados de su actividad económica y hacer más atractivo al sector. Otro ejemplo puede ser invertir en mejorar y diversificar la educación en el campo, a modo de lograr que los productores tengan un mejor conocimiento técnico de los métodos de producción y sean más eficientes. También reducir la cadena de intermediarios en la comercialización de productos agrícolas, que actualmente es muy amplia lo que hace que la rentabilidad de la producción se quede en manos de los intermediarios y no llegue a manos de los productores del campo.

En conclusión, es necesario que nuevos incentivos para mejorar la productividad agrícola sean estructurales, que no solo busquen la reducción de costos sino también un aumento de la producción del campo en términos físicos y una mejora de la calidad de los productos.

En cuanto a incentivos al uso eficiente del agua, se encuentra que estos han sido más encaminados a aumentar el costo del uso del agua por medio de tasas ambientales, que ha lograr llevar al campo tecnologías de producción más eficientes. Por ejemplo, el método de reúso de agua tratada es posible de aplicar en varios tipos de cultivo, el reúso aumenta la eficiencia del agua, pero es posible que no aumente la rentabilidad del sector, si el costo de utilizar agua residual tratada es mayor al precio del agua, incluyendo tasas ambientales y demás componentes, la decisión del reúso no será costo efectiva y por lo tanto el productor no tendrá incentivo a utilizar este método.

En el sector agropecuario el costo de usar agua residual tratada puede ser alto debido a los costos fijos de las PTAR, para un pequeño o mediano productor agropecuario posiblemente no sea viable la construcción de PTAR, como si lo podría ser para un gran productor o para productores de otros sectores económicos.

Adicionalmente, no se encuentra apoyo por parte del Estado para la implementación de PTAR en el sector privado del cual hace parte la actividad agropecuaria. El Estado puede financiar la construcción de PTAR en el sector doméstico por medio del rubro de saneamiento básico del Presupuesto General de la Nación otorgado a los municipios, puesto que las empresas de acueducto y alcantarillado son de carácter público o mixto, pero el agua tratada del sector doméstico no es objeto de recirculación. El tratamiento se hace con el fin de que los vertimientos del sector doméstico lleguen a las fuentes hídricas

²⁶ <http://www.portafolio.co/economia/finanzas/beneficios-inversiones-sector-agropecuario-215054>

²⁷ Costo de utilizar el mercado

con menos carga contaminante, hasta el momento no se observa un esfuerzo claro por parte del Estado para apoyar el reúso del agua residual tratada del sector doméstico en otros sectores de la economía como el agropecuario.

Aunque la Ley 373 de 1997 establece que las aguas utilizadas, sean de origen superficial, subterráneo o de agua lluvia, en cualquier actividad que genere afluentes líquidos, deberán ser reutilizadas en actividades primarias y secundarias cuando el proceso técnico y económico así lo ameriten y aconsejen según el análisis socio-económico y las normas de calidad ambiental (Presidencia de la República de Colombia, 1997), la normatividad para el reúso del agua es bastante estricta en función de procurar la salud humana y se debe recordar que las PTAR del país en su mayoría son de tipo de primario o secundario, por lo que la calidad del agua tratada no es máxima posible.

Además, no se encuentra un instrumento jurídico claro que establezca como se debe comercializar el agua residual tratada en el país, o como se debe establecer su precio de venta. En Perú, por ejemplo, se permite la comercialización de agua residual tratada en PTAR del sector doméstico a otros sectores de la economía por medio de mecanismos como la invitación a ofertar que consiste en una subasta abierta del agua tratada, la venta directa que son contratos de venta para productores de sectores estratégicos del país, y convenios de prestaciones reciprocas referentes al intercambio de aguas residuales tratadas por la empresa de servicios públicos de saneamientos por prestaciones benéficas para ella o la comunidad (Monteza, Monge, & Aliaga, 2012). El país tampoco cuenta con una infraestructura que permita transportar el agua tratada desde las PTAR de las empresas de acueducto y alcantarillado hasta los cultivos donde es viable hacer reúso.

Adicionalmente, los instrumentos económicos, implementados por el Estado como incentivos para la conservación del medio ambiente, no han logrado cumplir su objetivo de reducir los vertimientos y racionalizar el consumo de agua. En el caso de la relación entre el recurso hídrico y el sector agropecuario, aplican instrumentos como la Tasa Retributiva por vertimientos (TR) y la Tasa por Uso del Agua (TUA), a los cuales se les evaluaron sus efectos sobre las cargas contaminantes y los niveles de captación de agua, para el periodo 2010-2015 en el diagnóstico elaborado por esta consultoría.

La TR y la TUA son impuestos cobrados y administrados por la CAR, la TR está ligada al nivel de vertimientos de carga contaminante DBO y SST, mientras que la TUA está ligada al nivel de captación de agua. El recurso financiero que obtiene las CAR por cuenta de estas tasas debe ser invertido en proyectos de conservación y recuperación de las fuentes de agua.

Para el caso de los vertimientos, se encontró según los registros sobre permisos de vertimientos en el país para 33 CAR, que la producción especializada de café es una de las actividades económicas que en promedio genera más vertimientos de DBO y SST, haciendo la salvedad de la importante falta de información sobre vertimientos mencionada en el diagnóstico.

Para el caso de las captaciones de agua se encontró que, aunque el sector agropecuario es el que más demanda agua, sus captaciones promedio son relativamente bajas respecto a las captaciones de otros sectores, como la generación de energía. Esto ocurre dada la informalidad de las captaciones en el sector agropecuario, casi el 80% de los usuarios no cuentan con una concesión de aguas²⁸, por lo cual no pagan la TUA, además de que las unidades agropecuarias son en su mayoría pequeñas, por lo que sus

²⁸ Conclusión obtenida mediante consulta a expertos en Taller de diagnóstico y priorización

captaciones promedio también lo son, caso contrario a las captaciones agregadas, las cuales no fueron posibles de calcular dada las falencias de la información.

Una dificultad importante para la implementación de estos instrumentos es la medición de los niveles de vertimientos y captaciones que realmente realizan las unidades económicas, en el caso de TUA, por ejemplo, a quien no se le hace medición de los niveles de captación de agua, se le cobra por concepto de TUA el nivel de agua concesionada, lo que genera el incentivo de no reducir los niveles de captación, ya que este esfuerzo no se ve reflejado en una reducción del valor a pagar.

También ocurre que, el agua no se percibe como un bien económico por el cual se debe pagar, especialmente en las zonas rurales donde hay fácil acceso al recurso hídrico para las personas y para los productores. A fin de justificar el cobro de impuestos como la TUA en estas zonas, se debe explicar que el agua se considera un bien común, de dominio público que todas las personas tienen derecho a usar, pero también es un bien de interés económico o privado en cuanto es indispensable para el desarrollo de actividades económicas que sostienen el aparato productivo (USAID, 2016).

Para el sector agropecuario en particular, se tiene la problemática del bajo valor agregado generado en comparación con otros sectores de la economía, por problemas ya mencionados como la baja tecnificación, la falta de capacitación de la mano de obra, la baja asociatividad de los pequeños productores, poco poder de mercado, altos costos de transacción dada la distancia entre las zonas rurales y los mercados urbanos y los problemas de la red terciaria del país.

Para los pequeños productores, con una producción no tecnificada, que no tienen acceso al nuevo conocimiento que se genera en cuanto a producción agropecuaria, que enfrentan altos costos de producción y además son precio - aceptantes²⁹, resulta complicado el pago de tasas como la TR y la TUA, ya que los beneficios económicos derivados de su actividad son mínimos y estos impuestos no están ligados a los beneficios sino a los vertimientos y las captaciones.

Por esta razón, los productores no formalizan sus vertimientos ni sus captaciones, o en muchos casos, quienes están registrados por las CAR no pagan los impuestos; en el diagnóstico se estableció que el recaudo de la TR fue del 46% de la facturación, mientras que el recaudo de la TUA fue del 42% de la facturación. En Colombia, ha sido una demanda del sector agropecuario que este tipo de impuestos tenga en cuenta las diferencias en capacidad de pago entre las diferentes actividades económicas que captan y vierten agua.

En el caso de la TUA, por medio del Decreto 1155 de 2017 el gobierno nacional modificó su fórmula de cálculo, agregando la variable coeficiente de uso, la cual es de 0,0775 para los usos doméstico, agrícola, pecuario, acuícola y generación de energía, mientras que para los demás usos es de 0,2 (MADS, 2017). Lo que está acorde con la idea de que el sector agropecuario genera menos valor agregado y por ende tiene menor capacidad de pago que los demás sectores. En este punto se genera la pregunta de por qué se establece el mismo coeficiente de uso para el sector agropecuario y para el sector energía, cuando este último es un sector de gran valor agregado.

²⁹ Precio aceptante es un concepto que se utiliza para referirse a un agente económico (consumidor o productor) que no tiene poder de mercado y no puede influir en la determinación del precio.

Otra demanda que hacen los productores agrícolas con respecto al cálculo de la TUA, se refiere a que el índice de escasez que se utiliza para su cálculo, el cual se determina para cada fuente hídrica una vez al año, debería tener en cuenta la estacionalidad, es decir, que no se debería calcular un índice de escasez por año, sino un índice de escases para las épocas de invierno y otro para épocas de verano, ya que el caudal de los ríos es variable en función de estas estaciones³⁰.

3.2.9 DISPONIBILIDAD HÍDRICA

- Alta heterogeneidad de la oferta hídrica en el territorio colombiano

Como se mencionó en el diagnóstico realizado por esta consultoría, Colombia es reconocido por su riqueza en agua, sin embargo, el rendimiento hídrico, indicador empleado usualmente para hablar de esta riqueza y que en Colombia es seis veces mayor al promedio mundial y tres veces mayor al de Latinoamérica (63 L/s-Km²), no representa adecuadamente la disponibilidad de agua en el país. Adicionalmente no considera aspectos como la calidad del agua, la cual es determinante en la disponibilidad; ni considera aspectos como la demanda, por ejemplo, el ENA 2014, estimó que aproximadamente el 80% de la población y por tanto de las actividades económicas se concentra en el área hidrográfica Magdalena-Cauca, que dispone de solo el 20% de la oferta hídrica, mientras que en las áreas con mayor oferta de agua se ubica solo el 20% de la población.

Otros aspectos que inciden en la disponibilidad son las variaciones temporales y el uso por los sectores económicos. En Colombia, la distribución temporal de la precipitación presenta básicamente dos comportamientos, en algunas regiones un régimen bimodal (durante el año se dan dos temporadas de lluvias) y en otras regiones, un régimen unimodal (una sola temporada de lluvias al año), estos comportamientos definen la variación temporal de la oferta y el potencial de aprovechamiento de este recurso³¹ por los sectores económicos, quienes a su vez inciden en la disponibilidad de agua a través de su uso, ya sea por las extracciones, consumos o vertimientos.

En el diagnóstico realizado por esta consultoría se buscó identificar las principales subzonas hidrográficas con restricciones hídricas, a partir del estudio realizado por Arevalo (2017) y de indicadores del ENA 2014. Se emplearon los índices: Índice por Uso del Agua (IUA) y el Índice de Vulnerabilidad al Desabastecimiento (IVH), pero ponderando el IUA de mayor manera frente al IVH ya que la correlación entre estos indicadores es muy alta³² y porque se observa que este índice al representar la relación entre oferta y demanda describir de mejor manera el comportamiento futuro de implementación de las prácticas de reúso y recirculación. Adicionalmente se tuvo en consideración el Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL); que da una idea de la capacidad de los cuerpos de agua para asimilar cargas contaminantes por dilución.

³⁰ <http://www.elnuevodia.com.co/nuevodia/tolima/regional/294743-sector-agricola-se-movilizo-pacificamente-en-contra-del-tua>

³¹ El potencial de aprovechamiento del agua puede aumentar dependiendo de la distribución espacial y temporal de la precipitación. En una zona con un régimen bimodal, se tendrá la opción de utilizar o almacenar agua lluvia durante dos temporadas al año, mientras que en una zona con régimen unimodal se restringe más el acceso a esta fuente de abastecimiento.

³² El Índice de Vulnerabilidad al Desabastecimiento IVH se estima aplicando una reclasificación matricial de: el Índice del Uso del agua (IUA) y el Índice de regulación hídrica (IRH)

Los resultados encontrados indican que 26 SZH presentan restricciones asociadas a temas de oferta-demanda, lo cual se ve reflejado en el IUA; es decir que la demanda total en estas subzonas es superior al 50 % de la oferta disponible, una vez descontada la oferta correspondiente al caudal ambiental en la misma unidad de análisis en que se considera la oferta hídrica. Se pudo identificar, además, que en estas subzonas la demanda hídrica generada por el sector agropecuario es muy alta; por lo cual en la mayoría de ellas existe presión sobre los ecosistemas, lo cual se denota con el Índice de Presión Hídrica al Ecosistema (IPHE). Adicionalmente; se debe considerar que no solo existe un impacto antrópico sobre estas subzonas, sino que dado su régimen hídrico natural son subzonas con restricciones, lo cual se refleja en el Índice de Aridez (IA) y el Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH).

Las principales SZH con restricciones por la oferta de agua son: Canal del Dique margen derecho, Directos al Bajo Magdalena entre Calamar y desembocadura al mar Caribe (mi), Arroyos Directos al Caribe, Río Bogotá, Ciénaga Mallorquín, Río Ranchería y Canal del Dique margen izquierda. La mayoría de ellas con grandes demandas por actividades agropecuarias y presencia de DAT.

En cuanto a la calidad del agua, según el IACAL, se encuentran 23 SZH en las cuales se tiene una presión alta o muy alta por cargas contaminantes que provienen de su cuenca aportante. De estas SZH, las del Río Bogotá, Alto Río Cauca, Río La Vieja, Río Chinchiná y Río Porce también fueron priorizadas en el Programa SAVER.

Pese a la heterogeneidad en la disponibilidad hídrica en el territorio colombiano, en el sector agropecuario es poco el control que se realiza sobre la oferta y la calidad del agua. Actualmente, no existen estructuras para medir y controlar el uso del agua, lo cual ha impedido el conocimiento real sobre la demanda hídrica y ha inducido a que las decisiones que se toman en cuanto a este tema se hagan bajo supuestos y estimativos con un alto grado de incertidumbre. Es así como, de 26 DAT estudiados por DNP (2016), casi la mitad no cuentan con un plan de riego (Figura 18). Este plan es fundamental para la operación de los distritos y cuenta, entre otros, con criterios como los volúmenes de agua disponibles mes a mes y los calendarios agrícolas.

Los DAT que realizan plan de riego, por lo general son de gran escala y lo hacen de manera permanente, sin embargo, algunos DAT lo emplean como una solución para acceder al agua en época de sequía, especialmente distritos de pequeña escala. Las principales causas por las que no se realiza este plan de riego son administrativas y tienen que ver con los altos costos y a que no están contemplados dentro de las operaciones de los distritos, caso de los DAT privados quienes no tienen este plan como una de las obligaciones. Adicionalmente, la falta de planeación de los cultivos es un factor influyente en la ausencia de este instrumento, las Asociaciones por lo general no saben que producen, cuanto producen ni cuando lo producen, así mismo como la ausencia de micromedición y capacitación a los usuarios (DNP, 2016).

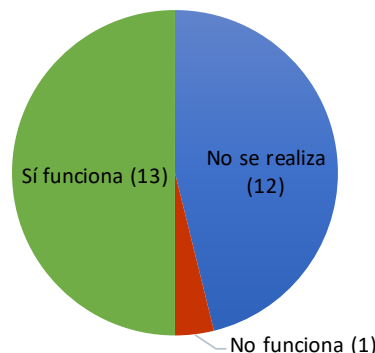


Figura 18. Número de distritos con funcionamiento del plan de riego
Fuente: (DNP, 2016)

Adicional a la ausencia de plan de riego en gran parte de los distritos, se observó que la mayoría de los DAT encuestados por DNP (2016) no realizan un análisis del estado de la disponibilidad de agua (Figura 19); es decir, no se hace una programación operativa de los componentes del riego con base en información de precipitación y caudales esperados; en algunos casos se fijan estados de emergencia o sequía, los cuales se establecen para adoptar medidas ante fenómenos impredecibles.

Se menciona además que los DAT que realizan el análisis de la disponibilidad del agua presentan inconveniente en la interpretación de la información, lo cual indica una falta de capacitación. Algunas de las causas que fueron reportadas por lo cual no se realiza este estudio como parte de la operación del DAT corresponden a fallas en la infraestructura, por ejemplo, en las válvulas para el control del flujo del agua y una percepción de disponibilidad de agua constante (caso de Asorioclaro – Jamundí en el Valle del Cauca y Asoprado – Prado en Tolima).

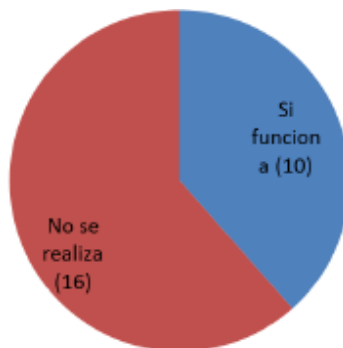


Figura 19. Número de distritos que realizan análisis del estado de disponibilidad del agua

4. SECTOR AGUA POTABLE

4.1 RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO DE EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD DEL AGUA

- El indicador de pérdidas en los sistemas de acueducto utilizado en las últimas décadas es el índice de agua no contabilizada (IANC) cuyo valor máximo permitido en la regulación tarifaria es de 30%. Este indicador refleja tanto la gestión técnica como operativa de los prestadores de acueducto, en cuanto a diseño, construcción, operación, mantenimiento, control y vigilancia de pérdidas.
- Los valores del IANC de 44 municipios en 2013 y 2014 muestran que el 81,4% de los municipios en 2013 y el 81,8% en 2014 presentaron pérdidas mayores al 30%. Así mismo, algunos municipios presentaron pérdidas superiores al 80% (SSPD, 2015).
- Los altos niveles de pérdidas se explican por factores como el bajo nivel de micromedición, fugas en la red de distribución y conexiones fraudulentas.
- En la Resolución 759 de 2016 de la CRA se definió el Índice de Pérdidas de Agua por Usuario Facturado (IPUF) como indicador de pérdidas en la metodología tarifaria. El IPUF calculado en 13 prestadores cuyos datos reportados al SUI son consistentes entre 2001 y 2007 muestran que sus valores se han reducido de 15,4 a 14,3 m³/suscriptor/mes en este periodo (CRA, 2013).

El agua potable es la utilizada en actividades tales como bebida directa y preparación de alimentos para consumo inmediato; para satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios; y para preparación de alimentos en general, y en especial, los destinados a su comercialización o distribución (MAVDT, 2010). Los usos anteriores también incluyen el subsector servicios, el cual se refiere a comercio, instituciones y oficinas. La Ley 142 de 1994, define el servicio público domiciliario de agua potable llamado también servicio público domiciliario de acueducto, como la distribución municipal de agua apta para el consumo humano, incluida su conexión y medición.

En el ENA 2014 se encontró que la demanda del sector doméstico y servicios (comercio, instituciones y oficinas) es de 3.445,2 millones de metros cúbicos que equivalen al 9,5% de la demanda nacional siendo superado por la demanda de los sectores agrícola y energía. De esta demanda 2.963,4 millones de metros cúbicos corresponde al uso doméstico y 481,8 millones de metros cúbicos al uso servicios (IDEAM, 2015). Los sectores doméstico y servicios presentan una mayor demanda, en su orden, en las subzonas de los ríos: Bogotá, Porce, Lili, Meléndez y Cañaveralejo, directos al Bajo Magdalena entre Plato y Calamar (mi), Lebrija y otros directos al Magdalena, en conjunto usan el 39% del caudal total del sector doméstico. El 46% de la demanda para servicios también se concentra en los ríos Bogotá, Porce, Lebrija directos al Magdalena junto con los de las subzonas de los ríos Sumapaz, y Guayuriba (IDEAM, 2015). En general, la mayor demanda de agua para uso en el sector doméstico se realiza en el AH Magdalena Cauca y la menor demanda en el AH del Amazonas.

El indicador de pérdidas usado comúnmente en el país ha sido el índice de agua no contabilizada – IANC, **se ha encontrado que las mayores pérdidas ocurren en la red de distribución, superando valores del 20% en la mayoría de casos** (MADS & ANDESCO, 2013). Este indicador refleja tanto la gestión técnica como operativa de los prestadores de acueducto, en cuanto a diseño, construcción, operación, mantenimiento, control y vigilancia de pérdidas.

En la Figura 20 se presenta la distribución del IANC (%) de 44 municipios en 2013 y 2014. Se observa que **aún existen grandes dificultades a nivel técnico en la reducción de los niveles de pérdidas, debido a que en los dos años, más del 80% de los municipios presentaron pérdidas mayores al 30%**, lo cual es señal también de la eficiencia con la que se está prestando el servicio a los usuarios y los costos que deben asumir las empresas. En particular, **en los municipios de Quibdó, Buenaventura, Ciénaga, Apartadó/Carepa/Chigorodó/Mutatá y Riohacha, se presentaron en 2014 niveles de pérdidas superiores al 80%**, que también tuvieron bajas calificaciones en el indicador de continuidad del servicio (SSPD, 2015). Los altos niveles de pérdidas se explican por factores como el bajo nivel de micromedición, fugas en la red de distribución y conexiones fraudulentas.

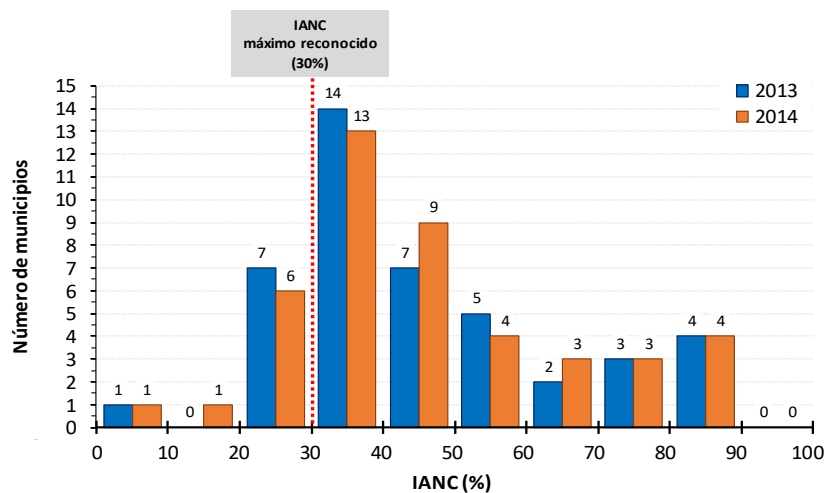


Figura 20. Índice de agua no contabilizada – IANC (%) de 44 municipios, 2013 y 2014
Fuente: (SSPD, 2015)

En la Figura 21, se presenta el **promedio anual del IANC nacional entre 2010 y 2016. El promedio en 2016 fue del 40,0%** el cual evidenció una disminución de 8,5 puntos porcentuales respecto al año anterior, es de aclarar que este año **solamente 23 empresas habían reportado** los datos al SUI al momento de la consulta, mientras que para los años anteriores el promedio ha sido de 119 empresas.

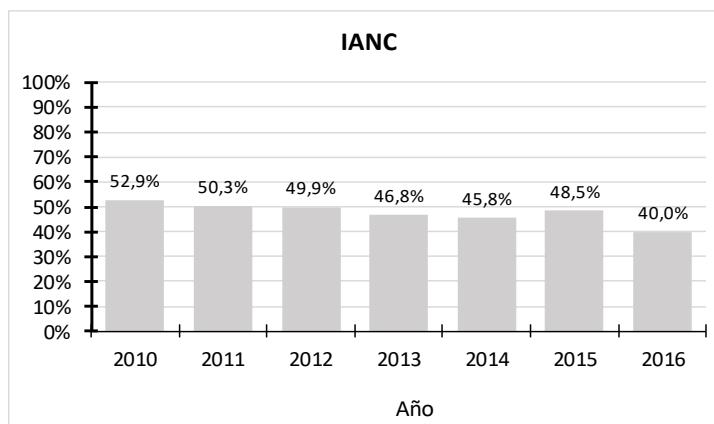


Figura 21. Promedio anual de Índice de agua no contabilizada en Colombia. Período 2010 – 2016
Fuente SUI. Elaboración propia

Otro índice utilizado a nivel internacional es el Índice de Pérdidas de Agua por Usuario Facturado – IPUF, el cual es un índice operacional que representa el volumen de agua perdida por suscriptor por mes sin discriminar si las pérdidas son técnicas o comerciales. En la Tabla 9 se presenta la variación del índice IPUF para Colombia entre 2007 y 2011 teniendo en cuenta una muestra de 13 empresas prestadoras, las cuales presentan consistencia en los datos reportados en el SUI en todos los años.

Tabla 9. Variación del índice de pérdidas de agua por usuario facturado – IPUF ($\text{m}^3/\text{suscriptor}/\text{mes}$)

	Año				
	2007	2008	2009	2010	2011
IPUF ($\text{m}^3/\text{suscriptor}/\text{mes}$)	15,4	14,5	14,3	14,4	14,3

Fuente: Elaboración propia a partir de CRA (2013)

Por otro lado, en pro de un uso eficiente del agua en el sector de agua potable, la CRA ha establecido el rango de consumo básico destinado a satisfacer las necesidades esenciales de consumo de las familias, este valor fue establecido desde el 2001³³ en 20 m^3 por suscriptor al mes y se había mantenido constante hasta la expedición de la Resolución CRA 750 de 2016 en la cual se establecieron los siguientes niveles de consumo básico:

- 16 $\text{m}^3/\text{suscriptor}/\text{mes}$ para municipios ubicados en clima cálido,
- 13 $\text{m}^3/\text{suscriptor}/\text{mes}$ para municipios ubicados en clima templado y
- 11 $\text{m}^3/\text{suscriptor}/\text{mes}$ para municipios ubicados en clima frío.

De acuerdo con lo reportado en el Informe sectorial de acueducto y alcantarillado (SSPD, 2015) el agua producida en plantas de potabilización en 2013 fue de 878,87 millones m^3 , mientras que en el 2014 se pasó a 855,53 millones metros cúbicos disminuyendo en un 3% a pesar de que el número de suscriptores de acueducto aumentó en 1,8%, lo cual indica que el consumo por suscriptor ha disminuido.

Es crucial establecer medidas dentro de las empresas prestadoras para reducir las pérdidas de agua, teniendo en cuenta los beneficios obtenidos no sólo en cuanto a suministro de agua potable para más usuarios y la reducción de enfermedades provenientes del agua, sino que también en la mitigación de problemas ambientales, se reduciría la presión sobre las fuentes de agua, se reducirían los costos de tratamiento de agua y bombeo y finalmente, se incrementarían los ingresos generados por las empresas de servicios públicos (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) & VAG-Armaturen GmbH, 2011).

4.2 PRIORIZACIÓN DE FACTORES IDENTIFICADOS QUE INFLUYEN EN LOS PROBLEMAS DE EFICIENCIA, PRODUCTIVIDAD Y REÚSO DEL AGUA

Teniendo en cuenta la alta demanda de agua por parte del sector y la ineficiencia presentada en la prestación de los servicios de acueductos, la cual se ve reflejada en las altas pérdidas de agua, se identificaron los factores con mayor incidencia en esta problemática. Una primera aproximación para la identificación de estos factores se realizó a través del diagnóstico realizado, el cual fue apoyado por la realización de una encuesta Delphi desarrollada por expertos en el sector, así como un taller de expertos

³³ Resolución CRA 151 de 2001. Por la cual se establece la regulación integral de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo.

y una matriz de relaciones estructurales que permitieron identificar los grandes temas en los cuales se deben aplicar medidas para mejorar la eficiencia, productividad y reúso en el sector.

De este modo, para el sector agua potable se identificaron inicialmente los factores presentados en la Tabla 10.

Tabla 10. Factores identificados en el sector de agua potable

TECNOLÓGICO	ECONÓMICO	POLÍTICO	AMBIENTAL	SOCIAL
Operación y mantenimiento de sistemas de acueducto	Marco tarifario	Institucionalidad	Disponibilidad hídrica	Cultura del agua
Diseño y construcción de sistemas de acueducto	Costos de operación y mantenimiento	Instrumentos económicos	Inestabilidad del terreno	Capacitación
		Inversión por parte del Estado		

Estos factores fueron presentados a los expertos en el Taller comité consultivo 1 y fueron validados, adicionalmente algunos fueron descartados y se agregaron otros considerados importantes por los expertos; Nuevas formas de financiación, vigilancia y control de pérdidas, normatividad, mínimo vital, contaminación de fuentes hídricas, oposición a la medición en algunas regiones y diseñar criterios de medición para cálculo de la productividad en el sector.

De este modo, a través de las mesas de trabajo llevadas a cabo se procedió a asignarle un puntaje a cada uno de los factores acordados (Tabla 11) para de este modo priorizar aquellos que los expertos consideraban tienen mayor influencia en la eficiencia, productividad y reúso del agua en el sector y que pueden ser objeto de medidas para mejorar estos aspectos.

Tabla 11. Calificación de factores para el sector agua potable en el Taller Comité Consultivo 1

Orden	Factor	Puntaje
1	Nuevas formas de financiación	7
2	Disponibilidad hídrica	7
3	Vigilancia y control de pérdidas	6
4	Operación y mantenimiento de sistemas de acueducto y alcantarillado	6
5	Normas de reúso, normas ambientales de vertimientos, pérdidas, etc.	4
6	Institucionalidad	3
7	Contaminación de fuentes hídricas	3
8	Oposición a la medición en algunas regiones	3
9	Diseñar criterios de medición para cálculo de la productividad ³⁴	2

³⁴ Para la priorización de factores, “Diseñar criterios de medición para cálculo de la productividad” a pesar de ser identificado por los expertos, no fue tenido en cuenta debido a que es una propuesta y no un factor. Asimismo, el factor instrumentos económicos de acuerdo con lo analizado con los expertos, se incluyó dentro del factor normatividad, por lo cual no fue incluido en la matriz como un factor específico.

Orden	Factor	Puntaje
10	Marco tarifario	2
11	Instrumentos económicos	2
12	Diseño y construcción de sistemas de acueducto	1
13	Costos de operación y mantenimiento	1
14	Mínimo vital	1
15	Ahorro y uso eficiente	1
16	Cultura del no pago	1

En la Tabla 11 se presentan los puntajes asignados para cada uno de los factores por parte de los expertos participantes en el taller comité consultivo.

De acuerdo con los factores identificados en el diagnóstico y mencionados anteriormente, se realizó una matriz de influencia³⁵ con la cual se obtuvieron los resultados presentados en la Figura 22, la cual permitió identificar la relación entre los factores analizados, permitiendo vislumbrar la influencia de cada uno de éstos sobre los demás y a la vez la dependencia de los mismos; identificando de este modo, las variables determinantes o dominantes, las variables clave, autónomas y dominadas.

Según esta figura se puede observar que dentro de los factores más influyentes en el sector de agua potable se encuentran la normatividad, institucionalidad, disponibilidad hídrica, vigilancia y control de pérdidas, inversión y calidad del agua de la fuente, lo cual apoya los resultados obtenidos en el taller comité consultivo 1.

³⁵ Para el ejercicio de la matriz, el factor de nuevas fuentes de financiación fue nombrado como inversión, el factor definido por los expertos como contaminación de fuentes hídricas fue llamado calidad del agua de la fuente, el factor cultura de no pago fue generalizado como aspectos socioculturales y el factor ahorro y uso eficiente del agua fue nombrado como procesos de producción sostenible. Adicionalmente fueron tenidos en cuenta factores identificados en el diagnóstico como capacitación, gestión del riesgo e infraestructura de macro y micromedición, a pesar de no ser identificados como críticos por parte de los expertos.

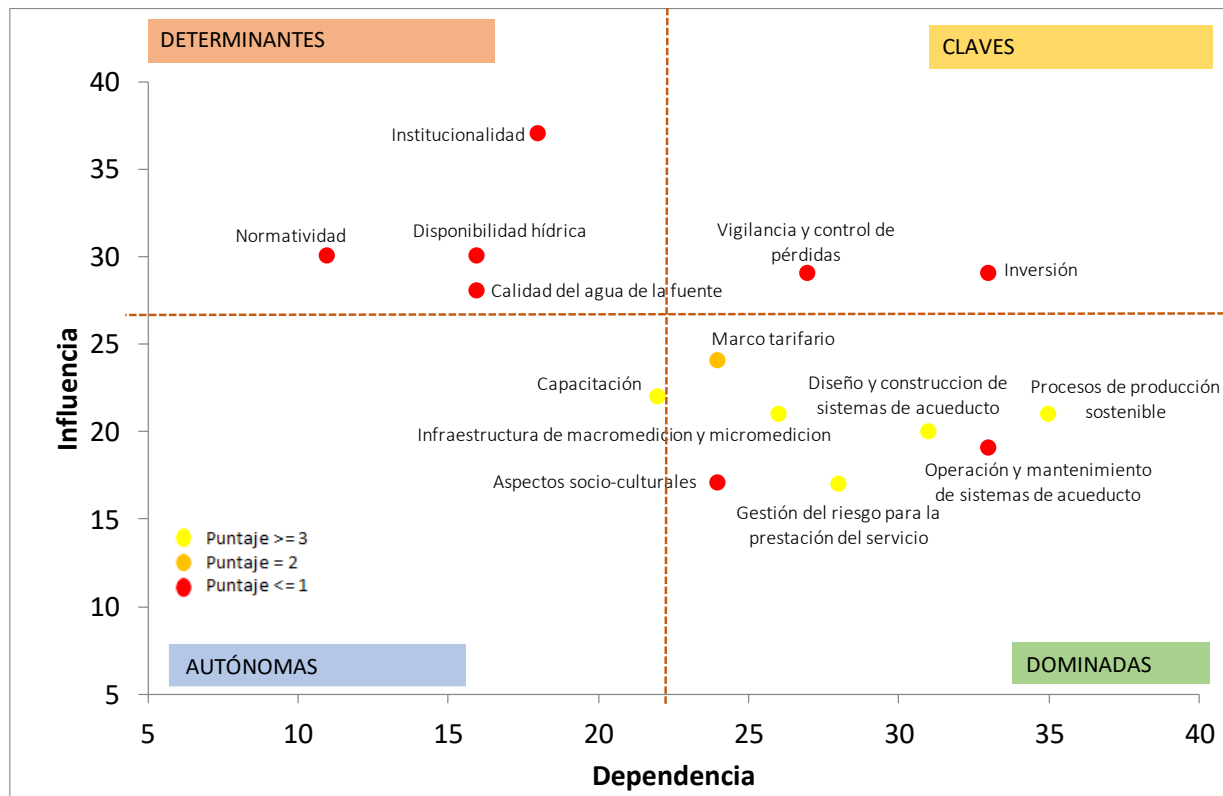


Figura 22. Matriz de relaciones estructurales entre los factores que influyen en la eficiencia y productividad del agua en el sector agua potable
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados de la matriz, los factores: Operación y mantenimiento de sistemas de acueducto y aspectos socioculturales, no quedaron definidos como influyentes en el sistema, lo cual puede deberse a que estos pueden ser modificados al aplicar cambios sobre otros factores como la institucionalidad o la normatividad, debido a que, a pesar de no tener influencia sobre otros, se observa que sí presentan una alta dependencia.

En la Tabla 12 se presentan los factores que finalmente fueron priorizados teniendo en cuenta el trabajo realizado en las mesas de trabajo y los resultados arrojados por la matriz.

Tabla 12. Factores priorizados para el sector agua potable

Tecnológico	Económico	Político	Ambiental	Social
Operación y mantenimiento de sistemas de acueducto y alcantarillado	Inversión	Vigilancia y control de pérdidas	Disponibilidad hídrica	Aspectos socioculturales
		Normatividad	Calidad del agua de la fuente	
		Institucionalidad		

A continuación, se presentan los factores priorizados y las diferentes problemáticas identificadas asociadas a cada uno de estos³⁶.

4.2.1 INSTITUCIONALIDAD

Los principales factores institucionales se refieren a la dispersión y diferencias de capacidades de los prestadores que dificultan el seguimiento y control:

- Las 222 empresas registradas en el Registro Único de Prestadores (RUPS) en 2014, tienen grandes diferencias respecto a su capacidad institucional, administrativa y operativa, lo cual a su vez inciden en el reporte y registro de información ante la Superintendencia (SSPD, 2015).
- La prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado a través de operadores especializados privados y públicos se realiza en el 20% de las 1.102 cabeceras urbanas, principalmente en municipios de más de 10 mil habitantes, donde se concentra más del 90% de la población colombiana (Salinas Ramírez, 2011).
- En la mayoría de municipios con menos de 10 mil habitantes son los entes territoriales a través de empresas públicas o de asociaciones de usuarios quienes prestan los servicios públicos. Estos generalmente *“presentan problemas estructurales de no viabilidad financiera, con deficientes indicadores de calidad y cobertura, con baja capacidad técnica y alto grado de informalidad institucional de los servicios, que no suministran información confiable al Sistema Único de Información (SUI)”* (Salinas Ramírez, 2011).
- *Dentro del sector existe una estructura dispersa debido al alto número de prestadores, lo cual dificulta el control y vigilancia de los mismos*

Los prestadores de los servicios de acueducto y alcantarillado mayores a 2.500 suscriptores denominados “grandes prestadores”, al 2014 reportaban un número de **222 empresas** incorporadas en el Registro Único de Prestadores –RUPS–, **que atienden las zonas urbanas de 362 municipios**. Sin embargo, éstas presentan grandes diferencias respecto a su capacidad institucional, administrativa y operativa, las cuales a su vez inciden en el reporte y registro de información ante la Superintendencia, por lo cual se generan vacíos en datos y series históricas (SSPD, 2015).

Por otro lado, de acuerdo con la información reportada a través del SUI, en 2013 se tenían **2.284 pequeños prestadores registrados ante la Superintendencia**, sin tener en cuenta la gran cantidad que no se encuentra registrada, lo cual refleja la alta dispersión y por ende las mayores dificultades para generar economías de escala en comparación con los prestadores del sector urbano o con mayor población atendida (SSPD, 2014). *“El alto número y dispersión de prestadores de servicios en el área rural, dificulta la generación de esquemas que puedan aprovechar economías de escala y alcance, generando altos costos e ineficiencia en la prestación. Adicionalmente, a mayor número de prestadores, se requieren esfuerzos adicionales en asistencia técnica y acciones de vigilancia y control”* (DNP et al., 2014).

³⁶ Los factores vigilancia y control de pérdidas y operación y mantenimiento de sistemas de acueducto se presentan en un mismo factor debido a que están muy relacionados al igual que el tema de disponibilidad hídrica y calidad del agua de la fuente.

En los municipios con menos de 10 mil habitantes en la mayoría de los casos son los entes territoriales a través de empresas públicas o de asociaciones de usuarios quienes prestan los servicios públicos, y generalmente *“presentan problemas estructurales de no viabilidad financiera, con deficientes indicadores de calidad y cobertura, con baja capacidad técnica y alto grado de informalidad institucional de los servicios, que no suministran información confiable al Sistema Único de Información (SUI)”* (Salinas Ramírez, 2011; Vélez Londoño, 2013).

El alto número y dispersión de vigilados dificulta las acciones de la Superintendencia; por lo cual, es importante que se generen esquemas diferenciados de vigilancia y control para prestadores con ámbito de operación en la zona rural, teniendo en cuenta el contexto de operación de cada tipo de prestador (DNP et al., 2014).

- **Falta de integralidad y visión regional**

En el país se presenta una atomización en la prestación de servicios debido al alto número de prestadores, lo cual dificulta la labor de vigilancia, control y regulación. Frente a esta situación se plantea la posibilidad de aglomerar mercados, para de este modo lograr que una sola empresa se encargue de la prestación de servicios públicos a un grupo de municipios, aprovechando así economías de escala. De este modo, se mejoraría el control y vigilancia en la prestación de servicios lo cual favorecería la identificación de problemas y la mejora en la eficiencia del agua.

De las 1.102 cabeceras clasificadas como urbanas, la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado a través de operadores especializados privados y públicos representa un 20%, principalmente en municipios de más de 10 mil habitantes, en donde se concentra más del 90% de la población colombiana (Salinas Ramírez, 2011).

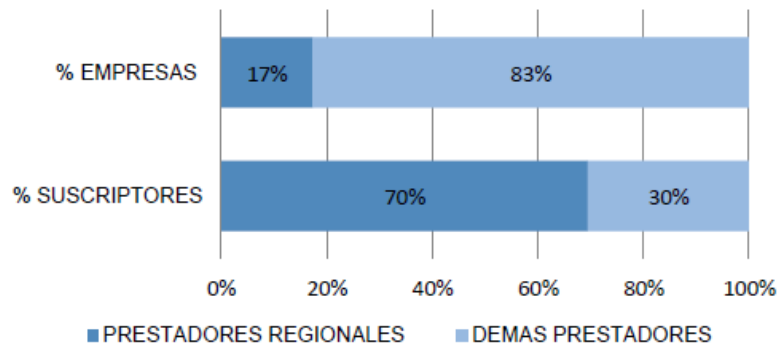


Figura 23. Distribución de mercado de prestadores, año 2014
Fuente: (SSPD, 2015)

En la Figura 23 se presenta la distribución del mercado de prestadores de servicio de acueducto en Colombia en 2014. En esta se observa que **sólo el 17% de las empresas son prestadores regionales y atienden el 70% de los suscriptores, mientras que el 83% restante corresponde a los demás prestadores con una cobertura del 30% de los suscriptores**, lo cual refleja la alta dispersión en la prestación de servicios, y la necesidad de regionalizar mercados que faciliten el control y vigilancia y una adecuada prestación de servicios. Dentro de los prestadores regionales se destacan: la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá E.S.P.; Empresas Públicas de Medellín E.S.P.; Empresas Municipales de

Cali E.I.C.E E.S.P, Sociedad de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Barranquilla S.A. E.S.P., Empocaldas S.A. E.S.P. y Empresa de Servicios Públicos del Meta S.A. E.S.P (SSPD, 2015).

De acuerdo con lo reportado por la CRA *“La única empresa con sistemas de acueducto y alcantarillado no interconectado que solicitó la declaratoria de un mercado regional en Colombia fue la Sociedad de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Barranquilla para los municipios de Barranquilla, Puerto Colombia, Soledad, Galapa, Tubará, Juan de Acosta, Usiacurí, Piojó, Sabanalarga, Sabanagrande, Santo Tomás, Baranoa, Polo Nuevo, Palmar de Varela y Ponedera, con el fin de atender 425.539 suscriptores. En Urabá, EPM trabaja en un proceso de regionalización del agua”* (Sáenz, 2016).

En el documento Conpes 3463 de 2007 “Planes departamentales de agua y saneamiento para el manejo empresarial de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo” se identifican las siguientes limitaciones dentro del sector: **estructura dispersa de la industria y desaprovechamiento de economías de escala**³⁷; **desarticulación de las diferentes fuentes de recursos; planificación y preinversión deficiente**, que resulta en **inversiones atomizadas, falta de integralidad y de visión regional; limitado acceso a crédito; y lentitud en los procesos de modernización empresarial** (MAVDT & DNP, 2007) (Vélez Londoño, 2013). Estas problemáticas asociadas al sector coinciden con los factores priorizados en el taller de expertos e identificados en la matriz de relaciones estructurales, evidenciando que los temas más influyentes en la eficiencia del agua en el sector de agua potable están relacionados con la institucionalidad, normatividad e inversión.

Como respuesta a estas dificultades se plantearon los Planes Departamentales de Agua (PDA) con el fin de crear esquemas regionales de prestación con operadores especializados para aprovechar las economías de escala y mejorar la asignación y destinación de los recursos aportados por el Estado. Los aportes por parte de los municipios a los PDA no son obligatorios, sin embargo a manera de **incentivo financiero**, el Gobierno Nacional asigna apoyo destinado a proyectos de inversión únicamente a los municipios que estén integrados a los PDA (Salinas Ramírez, 2011).

Para el año 2011 en 31 de los 32 departamentos del país se habían formalizado PDA, sin embargo, sólo se encontraban vinculados 605 municipios, es decir, el 55% de los municipios del país. Del 45% restante, la mayor parte corresponde a municipios con poblaciones menores a 10 mil habitantes. Adicionalmente, no se evidenciaba un avance significativo en procesos de transformación empresarial y vinculación de operadores especializados (Salinas Ramírez, 2011).

4.2.2 VIGILANCIA Y CONTROL DE PÉRDIDAS, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Los factores relacionados con la infraestructura y su operación se resumen a continuación:

- El IANC tradicionalmente usado en el sector de APSB y el IPUF, incluido en la metodología tarifaria, en 2014 muestran que la mayoría de los prestadores de acueducto presentan pérdidas mayores a las que pueden incluirse en las tarifas.
- Se reconoce que la información reportada al SUI ha contribuido a mejorar la vigilancia y control preventivo en municipios con población mayor a 10 mil habitantes, mientras que sigue siendo limitada en los municipios con poblaciones menores que no reportan información (Salinas Ramírez,

³⁷ Economía de Escala en los servicios públicos: disminución de costos unitarios al aumentar el número de suscriptores.

2011). No obstante, se identifica que el número de prestadores con los que la Superservicios calcula los comparativos nacionales de los indicadores de pérdidas es bajo, usualmente menor a 50.

- Los aspectos determinantes para los niveles de pérdidas son el buen estado de las redes, su correcta operación y mantenimiento, la micromedición, así como la vigilancia y el control oportuno de las fugas.
- *Se presentan altos niveles de pérdidas en la distribución de agua potable, lo cual se refleja en los altos niveles de IANC e IPUF para muchas empresas prestadoras*

El indicador de pérdidas usado en las últimas décadas en el país es el índice de agua no contabilizada - IANC (CRA, 2007). Éste es un indicador porcentual que compara el volumen de agua facturado a los usuarios del servicio de acueducto, respecto al volumen de agua que se produce en las plantas de tratamiento de agua potable; lo cual da un estimado de las pérdidas que se tienen en la red de distribución (SSPD, 2015).

Otro índice comúnmente utilizado es el Volumen de pérdidas por suscriptor por mes o Índice de Pérdidas de Agua por Usuario Facturado – IPUF, el cual representa el volumen de agua perdida por suscriptor por mes. Este indicador considera de forma agregada las pérdidas, sin importar su distribución entre técnicas y comerciales, a partir de un volumen por suscriptor por mes. Además, este indicador incluye el volumen correspondiente a los consumos autorizados no facturados por parte de los prestadores (CRA & Minvivienda, 2013).

En la Figura 24 se presentan los valores de IPUF para algunas empresas prestadoras con niveles de micromedición mayores al 80% en diferentes municipios del país en 2011. Se observa que los valores varían entre 0,83 y 28,2 m³/suscriptor/mes, con un promedio de 10,8 m³/suscriptor/mes.

El nuevo marco tarifario establece que se deben alcanzar valores menores o iguales a 6 m³/suscriptor/mes (estándar de eficiencia), asimismo establece que todas las personas prestadoras deberán presentar un plan de reducción de pérdidas detallado. Para el caso de Latinoamérica, las 25 empresas con menores pérdidas por usuario facturado, presentan un IPUF promedio de 5,0 m³/suscriptor/mes (Galindo Salazar, 2014).

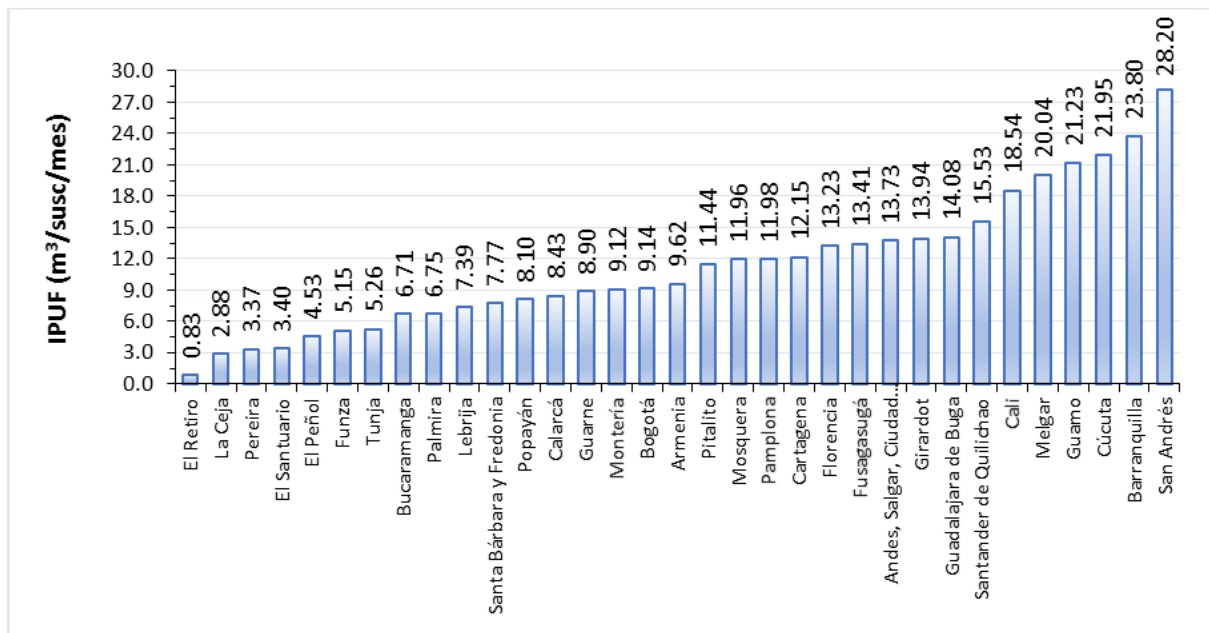


Figura 24. IPUF para algunas empresas colombianas prestadoras con niveles de micromedición superior al 80% en 2011

Fuente: CRA (2013)

La **operación y mantenimiento, así como la vigilancia y control de pérdidas**, son elementos críticos a la hora de hablar de eficiencia y productividad del agua en el sector agua potable. El estado de las redes de distribución de agua potable es un factor importante en la prestación adecuada del servicio de acueducto. Si las redes están en mal estado o construidas con materiales obsoletos, es mucho más probable que se presenten fugas que incrementen los niveles de agua no facturada y los costos de operación de los sistemas de acueducto. Además, es posible que, por el mal estado de las redes, el agua que reciben los usuarios sea de menor calidad, pues puede ser contaminada por filtraciones o residuos en las tuberías. De este modo, **en municipios donde se presenta un mal estado en las redes de distribución, no hay un adecuado control de fugas y no se informa sobre estos daños, los costos de tratamiento del agua generalmente son muy altos y el desperdicio del recurso hace que menos usuarios reciban el suministro** (Unicef, 2006).

En 2006, de acuerdo con un estudio realizado con una base de datos de 1008 planes de desarrollo municipales, se encontró que **sólo la tercera parte de los municipios incluye un diagnóstico sobre el estado de las redes de conducción del acueducto**. De los municipios que hacen un diagnóstico, para el año reportado solo 68 tenían las redes en buen estado; 113 reportaron redes en regular estado; 102 en mal estado; y 46 municipios reportaron tener redes construidas con materiales obsoletos. La falta de información impide conocer el estado real de la infraestructura de acueducto en el país. (Unicef, 2006).

- ***Bajos niveles de micromedición en algunas empresas prestadoras***

La micromedición tiene por objeto realizar facturación acorde a los consumos de los usuarios del sistema de acueducto. Por su parte, el artículo 146 de la ley 142 de 1994, establece la obligatoriedad de implementar la micromedición por parte de los prestadores con instrumentos adecuados para tal fin. En materia técnica, la medición representa uno de los mecanismos de soporte para realizar el cálculo de las pérdidas de agua en la red de distribución y en la obtención del Índice de agua no contabilizada

(IANC), cifras utilizadas principalmente para el diseño de sistemas más eficientes y para contribuir en la implementación de los planes de ahorro y uso eficiente del agua (SSPD, 2014).

Como se mencionó anteriormente, las mayores pérdidas de agua se presentan en municipios con población de entre 10 mil y 100 mil habitantes, donde **se encuentran los menores índices de micromedición, lo cual dificulta el control de dichas pérdidas** (Salinas Ramírez, 2011).

En la Tabla 13 se presenta el número de empresas que reportaron información de micromedición al SUI entre 2010 y 2016 y el promedio de cobertura de micromedición para cada año. Se observa que a pesar de presentar un promedio de micromedición alto, el número de empresas que reportan es muy bajo, por lo cual no se puede conocer el verdadero estado de la micromedición en el país y se podría asumir que el bajo número de reportes se debe a la falta de micromedición por parte de estas empresas. Por ejemplo, **en 2014 se reportaban 222 grandes prestadores, de los cuales sólo 123 reportaron información**, es decir, el 45% no reportó información.

Para el caso de los pequeños prestadores es aún más crítica la situación, ya que **de los 2284 que se tenían reportados en 2013, sólo 323 reportaron información**, es decir un 14%.

Tabla 13. Número de empresas que reportaron información sobre cobertura de micromedición al SUI

Año	Pequeños prestadores		Grandes prestadores	
	Empresas	Cobertura promedio (%)	Empresas	Cobertura promedio (%)
2010	317	83,84	96	76,79
2011	350	81,22	105	76,55
2012	375	76,79	116	84,15
2013	323	76,98	107	81,96
2014	372	79,59	123	84,75
2015	309	79,34	115	85,75
2016	195	79,60	81	86,63

Fuente: Elaboración propia a partir de datos SUI 2010-2016

En la Figura 25, se observa que de las empresas que reportaron información en todos los años analizados, el promedio de cobertura de micromedición es mayor para los grandes prestadores, lo cual evidencia la brecha existente en las capacidades técnicas entre grandes y pequeños prestadores.

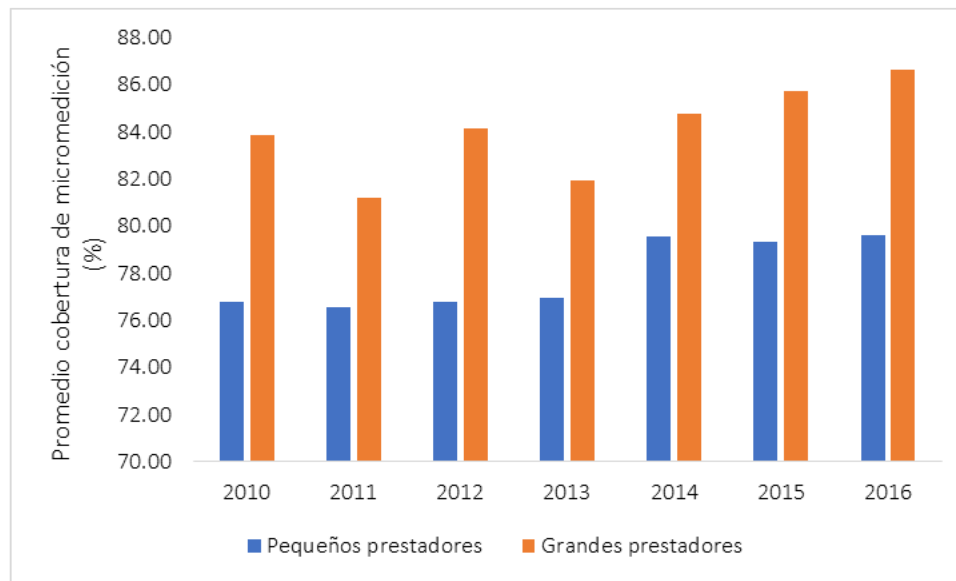


Figura 25. Porcentaje promedio de micromedición entre los años 2010-2016

Fuente: Elaboración propia a partir de datos SUI 2010-2016

- **Existe un bajo nivel de reporte de información al SUI o la información reportada es de baja calidad**

La **adecuada operación y consolidación del SUI** es un aspecto relevante para ejercer un adecuado control y vigilancia. “El SUI tiene por objetivo legal obtener información de los indicadores administrativos, técnico-operativos, comerciales y financieros de la prestación de los servicios públicos, necesaria para la definición de políticas sectoriales, la expedición de normas reglamentarias y regulatorias a cargo de la CRA, el seguimiento al proceso de regionalización y la vigilancia y control por parte de la SSPD, entre otros” (Salinas Ramírez, 2011).

A pesar de la diversidad y dispersión en las empresas prestadoras de servicios, la **vigilancia y control preventivo** en municipios con población mayor a 10 mil habitantes se ha fortalecido con el **acceso a la información** del SUI, lo que garantiza una atención oportuna frente a las alertas que se presenten. Sin embargo, en municipios de menos de 10 mil habitantes (correspondientes al 5% de la población atendida), todavía se requiere fortalecer este tema ya que no existe información certera acerca de sus indicadores de prestación debido a la baja calidad de los datos que suministran las empresas y demás prestadores de servicios al SUI y fundamentalmente a su baja capacidad gerencial y técnica y al interés de no evidenciar los múltiples incumplimientos normativos y de calidad de los servicios, por lo cual este tipo de prestadores en muchos casos no entrega la información (Salinas Ramírez, 2011).

4.2.3 INVERSIÓN

- Respecto al Sistema General de Participación que representa el 40% de las fuentes para el sector, se encontró “desarticulación de planes integrales de inversión y de los planes de las E.S.P., desvío de recursos por fuera del sector, inversiones dispersas e incompletas debido a la segmentación de los recursos por vigencias presupuestales anuales y el deficiente acceso a crédito y atomización y

asimetrías en la distribución geográfica de los recursos con relación a las necesidades” (MAVDT & DNP, 2007).

- En los municipios con menos de 10 mil habitantes, en algunos casos no se cobra el servicio o la tarifa no cubre los costos requeridos, lo que genera la inviabilidad financiera de estos prestadores. El 71% de estos municipios se caracterizan por tener un riesgo financiero alto de acuerdo con la clasificación de riesgo definida por la CRA (Salinas Ramírez, 2011).
- *La aplicación de recursos destinados al sector es ineficiente y no está articulada a planes integrales y óptimos de inversión*

En la Figura 26 se presenta la distribución de las fuentes de financiación del sector agua potable y saneamiento básico entre los años 1999 y 2010. Se puede observar que los recursos financieros aumentaron durante este lapso. El Sistema General de Participaciones para Agua Potable y Saneamiento Básico (SGP- APSB) es una de las fuentes de financiación más importantes para el desarrollo y sostenibilidad del sector, por ello, es fundamental que las entidades territoriales aseguren un adecuado uso y eficiente destinación de estos recursos (Minvivienda, 2014).

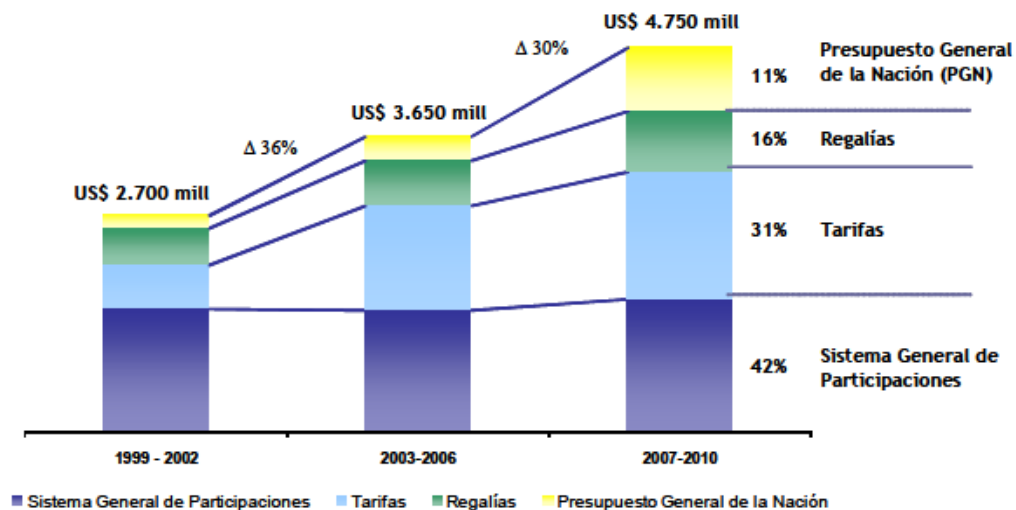


Figura 26. Fuentes de financiación del sector agua potable y saneamiento básico (1999-2010)

Fuente: (DDU-SAS-DNP, n.d.)

El SGP financia alrededor del 40% de la inversión, pero en muchos casos su aplicación es ineficiente y no está articulada a planes integrales y óptimos de inversión (DNP & MAVDT, 2005). Para el caso de los recursos aportados por el SGP, se han identificado los siguientes problemas en su aplicación: *“desarticulación de planes integrales de inversión y de los planes de las E.S.P., desvío de recursos por fuera del sector, inversiones dispersas e incompletas debido a la segmentación de los recursos por vigencias presupuestales anuales y el deficiente acceso a crédito y atomización y asimetrías en la distribución geográfica de los recursos con relación a las necesidades”* (MAVDT & DNP, 2007).

Estos problemas se deben en muchos casos a la baja capacidad institucional que presentan algunos municipios para realizar la planeación sectorial, recopilar y proveer información confiable que permita

programar inversiones y tomar decisiones, lo que se refleja en bajos niveles de cobertura de acueducto (DNP et al., 2014).

“Las inversiones con cargo a la participación para agua potable y saneamiento básico del Sistema General de Participaciones, deben enmarcarse en las actividades elegibles previstas en la Ley 1176 de 2007 y guardar concordancia con las metas del plan sectorial formulado e implementado por la entidad territorial”. Dichas actividades son (Minvivienda, 2014):

- Preinversión en diseños, estudios e interventorías para proyectos del sector de agua potable y saneamiento básico.
- Formulación, implantación y acciones de fortalecimiento de esquemas organizacionales para la administración y operación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo, en las zonas urbana y rural.
- Construcción, ampliación, optimización y mejoramiento de los sistemas de acueducto y alcantarillado, e inversión para la prestación del servicio público de aseo.
- Programas de macro y micromedición.
- Programas de reducción de agua no contabilizada.
- Adquisición de los equipos requeridos para la operación de los sistemas de agua potable y saneamiento básico.
- Participación en la estructuración, implementación e inversión en infraestructura de esquemas regionales de prestación de los municipios.

En los municipios de más de 10 mil habitantes, la tarifa es una fuente de financiación significativa utilizada, a través de la cual se cubren gastos administrativos, de operación, inversión y ambientales de la prestación de servicios. Adicionalmente, los proyectos de inversión se complementan con recursos de las transferencias de la Nación y apoyos adicionales del Gobierno Nacional.

Por otro lado, en **los municipios con menos de 10 mil habitantes, los recursos económicos de financiamiento dependen de las transferencias del sector central y de los apoyos del Gobierno Nacional y Departamental**, ya que en algunos casos no se cobra el servicio o la tarifa no cubre los costos requeridos, conllevando la inviabilidad financiera de estos prestadores, generalmente localizados en zonas de muy bajo ingreso y pobre desarrollo institucional. Por esta razón, **un alto porcentaje de estos municipios (71%) se caracterizan por tener un riesgo financiero alto de acuerdo con la clasificación de riesgo definida por la CRA** (Salinas Ramírez, 2011).

Finalmente, de acuerdo con los resultados de la encuesta Delphi realizada, los expertos identificaron como posibles incentivos económicos que favorecerían la cobertura y eficiencia de los sistemas de potabilización de agua los descuentos en el impuesto de renta, las exenciones del IVA en la compra de los insumos para la operación de los sistemas de potabilización y facilidad de acceso a créditos bancarios con bajas tasas de interés.

4.2.4 DISPONIBILIDAD HÍDRICA

- El 93,9% de los acueductos operados por pequeños prestadores tienen como principal fuente de abastecimiento ríos y quebradas; el 3,3% utilizan embalses y lagunas mientras que el 2,8% se abastece de fuentes subterráneas (SSPD, 2014).

- El fenómeno de El Niño incide en la reducción de los caudales de los ríos y quebradas, así como en el nivel de los embalses; lo que conlleva a dificultades de abastecimiento (SSPD, 2014). El Fenómeno de El Niño 2015-2016 generó racionamiento y desabastecimiento parcial o total de agua potable en diferentes regiones del país. Se presentó racionamiento en 296 municipios en 25 departamentos. Tolima, Risaralda y Quindío registraron más del 50% de sus municipios afectados (UNGRD, 2016).
- La contaminación del agua afecta los costos de operación de los acueductos; la gestión de los recursos hídricos es crucial para el sector, ya que al ser el insumo principal es más vulnerable al mal manejo, sobreexplotación y la contaminación (CEPAL, 2011). La afectación sobre la calidad del agua se presenta principalmente por la descarga de aguas residuales de actividades domésticas, agrícolas, pecuarias, agroindustriales, mineras, entre otras.
- La disponibilidad hídrica hoy, esta intrínsecamente relacionada con el concepto de seguridad hídrica. Ya no se entiende que solo debe protegerse el acceso de una población a fuentes de agua confiables tanto en su cantidad como en su calidad, sino que además, de manera amplia, implica generar la capacidad de las poblaciones, para que el acceso sea sostenible y para satisfacer los requerimientos de agua que garanticen el bienestar social (agua potable, saneamiento, recreación, etc.); pero además para que el recurso no sea un limitante al desarrollo de actividades socioeconómicas, ni que implique riesgos a las poblaciones por ocurrencia del recurso hídrico en exceso o en defecto. Bajo este contexto, la variación climática y el cambio climático deben ser previstos por las poblaciones para que en la formulación de sus instrumentos de ordenamiento y desarrollo territorial se incluyan medidas de adaptación, mitigación y de manera urgente medidas que garanticen el sostenimiento y restauración de los servicios ambientales prestados por los hidrosistemas.

- ***Heterogeneidad en la oferta hídrica y vulnerabilidad a la variabilidad y al cambio climático***

La abundancia hídrica en Colombia se caracteriza por los contrastes existentes en la distribución de los recursos hídricos a nivel regional, más específicamente en las cinco áreas hidrográficas del país, las cuales presentan grandes diferencias que repercuten en la vulnerabilidad tanto del sistema natural como de la estructura socioeconómica (UNGRD, 2016).

En Colombia, la mayor parte del agua que abastece los sistemas de acueducto proviene de fuentes superficiales. De acuerdo con los análisis de los reportes de fuentes de abastecimiento de los pequeños prestadores, se ha determinado que el 93,9% tienen como principal fuente de abastecimiento ríos y quebradas para alimentar sus sistemas de acueducto; otro 3,3% hace captación de embalses y lagunas mientras que el 2,8% realiza la toma del recurso hídrico de acuíferos y fuentes subterráneas (SSPD, 2014).

La variabilidad y el cambio climático han incidido en los últimos tiempos sobre las fuentes hídricas del país, ya que durante los periodos en los cuales se presenta el fenómeno de El Niño, los índices de precipitación disminuyen generando escasez del recurso hídrico, en contraste con el fenómeno de La Niña que genera grandes volúmenes de precipitación, inundando importantes extensiones del territorio. El fenómeno de El Niño incide directamente sobre la reducción de los caudales de los ríos y quebradas, así como, la reducción del nivel de los embalses; lo que conlleva a dificultades de abastecimiento del recurso hídrico para consumo en las poblaciones a las cuales abastecen (SSPD, 2014).

El Fenómeno de El Niño 2015-2016 generó situaciones de racionamiento y desabastecimiento parcial o total de agua potable en diferentes regiones del país. **Con relación al racionamiento, 296 municipios en 25 departamentos fueron afectados;** de ese total, Tolima, Risaralda y Quindío registraron más del 50%

de sus municipios en situación de racionamiento; mientras que, en materia de cantidad, Antioquia (53 municipios), Tolima (40 municipios) y Cundinamarca (36 municipios) fueron los departamentos con mayor número de municipios con racionamiento. No obstante, las zonas rurales fueron las más impactadas por encontrarse en su mayoría dispersas, tener poca cobertura en la red de los acueductos y utilizar sistemas artesanales de abastecimiento de agua o sistemas comunitarios; e incluso por no contar con registros en el SUI, se podría presentar un subregistro de afectación (UNGRD, 2016).

A nivel de desabastecimiento, **237 municipios en 25 departamentos fueron afectados por desabastecimiento parcial de agua**, siendo la región Caribe la más afectada, principalmente en los departamentos de La Guajira, Cesar y Magdalena, con el 93%, 92% y 87% de los municipios del territorio con desabastecimiento de agua, respectivamente. Por su parte, en materia de cantidad, Magdalena (26 municipios), Boyacá (25 municipios), Cesar (23 municipios) y Santander (23 municipios) fueron los departamentos en los cuales se presentó el porcentaje más elevado de municipios con condición de desabastecimiento. La Guajira fue el departamento más afectado al ser desértico, donde la dispersión de las comunidades hace que las infraestructuras de acueducto sean insuficientes o que en algunos sectores no existan (UNGRD, 2016).

Los impactos en la prestación del servicio de agua potable fueron significativos en la región Andina y Caribe, donde se registraron los mayores déficits de lluvia. El 42% del total de departamentos que integran la región Andina presentaron problemas de abastecimiento, con 162 municipios en racionamiento y 77 municipios en condiciones de desabastecimiento; contrario a la región Caribe donde el 77% de los departamentos se vieron afectados, con un total de 28 municipios con racionamiento y 100 municipios con desabastecimiento. Los departamentos más afectados en materia de desabastecimiento de agua potable fueron: La Guajira, Magdalena y Caldas (UNGRD, 2016).

- **Contaminación de fuentes hídricas abastecedoras**

Los problemas asociados a la **calidad del agua** afectan los costos de operación de las empresas prestadoras del servicio de acueducto. La gestión de los recursos hídricos es crucial para el sector, ya que al ser el insumo principal del mismo es más vulnerable al mal manejo, sobreexplotación y la contaminación. Una deficiente gestión, en especial, asociada a la contaminación y a una excesiva demanda, puede tanto encarecer el costo del recurso para los usuarios de agua potable como comprometer su sustentabilidad (CEPAL, 2011).

La afectación sobre la calidad en los cuerpos de agua se presenta principalmente por la descarga de aguas residuales de actividades domésticas, agrícolas, pecuarias, agroindustriales, mineras, entre otras. Igualmente, se presenta una reducción de la oferta hídrica por la sobreutilización del recurso, la falta de protección de cobertura boscosa en las cuencas de abastecimiento, los cambios de uso del suelo y la deforestación. Estas problemáticas, incrementan los costos de potabilización y genera problemas de disponibilidad del suministro de agua potable (DNP et al., 2014).

Tabla 14. Subzonas hidrográficas con IACAL alto y muy alto

Año medio		Año seco	
Riesgo alto	37	Riesgo alto	37
Riesgo muy alto	22	Riesgo muy alto	44

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del ENA 2014 (IDEAM, 2015)

En la Tabla 14 se presenta el número de SZH que presentan riesgo alto y muy alto teniendo en cuenta el índice de alteración potencial del agua (IACAL), siendo subzonas potencialmente más presionadas por contaminación, lo cual afecta su capacidad de ser utilizadas para abastecimiento de la población y podría indicar el potencial y la necesidad de evaluar y establecer medidas ante esta problemática.

4.2.5 ASPECTOS SOCIOCULTURALES

- Existe oposición en algunas regiones a la medición, en parte por temor al incremento en el pago del servicio.
- La falta de medición en los diferentes componentes de los sistemas de acueducto no permite cuantificar las pérdidas físicas ni su control oportuno.

- *En algunas regiones se presenta oposición a la medición y cultura del no pago por el agua*

Uno de los problemas que se ha identificado³⁸ para establecer las pérdidas en cada uno de los componentes del sistema de acueducto, es la falta de monitoreo (macro y micromedición) ya sea por capacidad técnica, económica o por oposición de los usuarios para permitir que se realicen las mediciones³⁹ (CRA, 2013).

Este tipo de oposición por parte de la población se debe en parte a los temores que surgen en ciertas circunstancias de que la instalación del micromedidor represente un mayor cobro en su recibo, debido a que en muchos casos las personas no están dispuestas a pagar por la mala calidad del servicio recibido por parte de la empresa prestadora o por la percepción que se tiene sobre la abundancia del recurso hídrico, lo cual lleva a que no se genere consciencia sobre el verdadero valor del agua.

A pesar de la oposición que en algunos momentos enfrentan los procesos de instalación de micromedidores, son diversas las ventajas de contar con un proceso constante de micro medición (SAC, 2017):

- Garantiza el pago justo del consumo.
- Permite detectar fugas no visibles dentro de la vivienda.
- Los usuarios pueden autorregular su consumo de agua y ahorrar dinero.

Especialmente a nivel de los pequeños municipios es crítica la sostenibilidad económica de la operación de los sistemas, debido en gran parte a que el usuario generalmente no es consciente de que los recursos que se recaudan por la prestación del servicio constituyen una de las principales fuentes de financiación de las obras de mantenimiento y ampliación de los sistemas (CEPAL, 2005).

Los usuarios deben tener presente que el agua que se desperdicia, tanto en las redes como a nivel domiciliario, es sumamente cara, ya que ésta se debe extraer de las fuentes de abastecimiento, potabilizar, almacenar y conducir por una compleja y costosa infraestructura para poderla llevar a las industrias, comercios y hogares (Comisión Nacional del Agua, 2008).

³⁸ Conclusión obtenida mediante consulta a expertos en Taller comité consultivo 1 “diagnóstico y priorización”

³⁹ En el Taller comité consultivo 1 “diagnóstico y priorización” se identifica como una dificultad desde el ámbito social, la oposición que se presenta en algunas regiones del país para que se realice la micromedición.

4.2.6 NORMATIVIDAD

- El valor de la tarifa de la TUA, aunque ha generado una cultura de pago a nivel nacional, “envía una señal económica limitada a algunos sectores para disminuir el consumo y hacer un uso eficiente del agua”, ya que el valor individual facturado de usuarios con bajos consumos no representa un monto significativo, por lo que algunas autoridades ambientales deciden no hacer efectiva la factura” (MADS, MHCP, & COLCIENCIAS, 2013).
- En 2012, las autoridades ambientales facturaron por TUA 21 mil millones de pesos, que es menos del 5% del costo anual para garantizar la protección y renovación del recurso hídrico. Además, la TUA solo representaba para las CAR menos del 2% de sus ingresos corrientes en 2011 (Ecosimple, 2014).
- Existen obligaciones que desde la realidad de los acueductos comunitarios pueden no ser posibles de cumplir, sino que son factibles solamente para los operadores privados y especializados (Red Nacional de acueductos comunitarios, 2016).
- La mayoría de los expertos que participaron en la encuesta Delphi, consideran que una de las principales debilidades para la implementación de la normativa es la baja capacidad técnica de los prestadores, incluyendo la capacitación del personal, así como la falta de recursos para hacer control y seguimiento.
- ***La tasa por uso del agua (TUA) es muy baja por lo cual no incentiva el uso eficiente del agua por parte de los acueductos***

La tasa por uso del agua es un instrumento de gestión que tiene como objetivo enviar una señal económica de incentivo a los agentes del mercado para que estos cambien su comportamiento y hagan un uso más eficiente del recurso hídrico, motivando así su conservación. Adicionalmente constituyen una fuente de recursos financieros para inversiones ambientales que garanticen la renovabilidad del recurso (MADS et al., 2013).

De acuerdo con el Decreto 155 de 2004 “*Están obligadas al pago de la tasa por utilización del agua todas las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, que utilicen el recurso hídrico en virtud de una concesión de aguas*”.

La implementación de la TUA ha apoyado la identificación de los usuarios de aguas subterráneas y superficiales en el país, lo cual es vital para establecer la demanda del recurso hídrico en el territorio nacional y de este modo definir las políticas y planes de inversión por parte de las autoridades ambientales. Sin embargo, una de las problemáticas que se han identificado respecto a la implementación de la TUA es que, el valor de la tarifa actual, aunque ha generado una cultura de pago a nivel nacional, “*envía una señal económica limitada a algunos sectores para disminuir el consumo y hacer un uso eficiente del recurso hídrico, ya que al evaluar el valor individual facturado de algunos usuarios especialmente con bajos consumos, se evidencia que este no representa un monto significativo, por lo que algunas autoridades ambientales deciden no hacer efectiva la factura*” (MADS et al., 2013).

En el año 2012, las autoridades ambientales facturaron por TUA 21 mil millones de pesos, es decir menos del 5% del costo anual para garantizar la protección y renovación del recurso hídrico. Adicionalmente, la TUA solo representaba para las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) en el año 2011, menos del 2% de sus ingresos corrientes (Ecosimple, 2014).

Como se mencionó en el sector agropecuario, el Decreto 1155 de 2017 estableció una variable para el cálculo diferenciado de la TUA llamada coeficiente de uso, la cual toma en cuenta las diferencias en generación de valor agregado y capacidad de pago de los diferentes sectores económicos. Para el caso del sector de agua potable, se trata más de un servicio que brinda el Estado a la población que una actividad económica, los sistemas de acueducto están diseñados para ser sostenibles financieramente mediante el cobro de tarifas, pero no buscan maximizar beneficios económicos, los excedentes que generen los acueductos se deben utilizar como reinversión para ampliar la cobertura y mejorar la calidad del servicio de agua potable y alcantarillado. Es por esta razón que para el sector doméstico se estableció un coeficiente de uso de 0.075 (MADS, 2017), al igual que para el sector agropecuario y menor a los demás sectores, considerando su situación especial en cuanto a la generación de valor agregado y la prestación de un servicio público fundamental para la población.

Aun así, se considera que la TUA para el sector de agua potable ha sido relativamente baja, en el sentido de que al estar asociada al consumo de agua del acueducto la Resolución CRA 735 de 2015, estable que dentro de los costos unitarios de las empresas de servicios públicos de acueducto y alcantarillado se deben tener en cuenta las tasas ambientales que deben pagar, como la TUA para el caso del servicio de acueducto y la TR para el caso del servicio de alcantarillado. Por lo que estas tasas pueden ser trasladadas a los suscriptores del servicio, lo que ocurre es que en la mayoría de los casos las personas no saben que están pagando estas tasas, el incentivo que se maneja en las empresas de servicios públicos para el ahorro de agua son los límites de consumos subsidiados, y aunque las personas supieran del pago de la TUA, para el consumo de una familia el pago es mínimo dado el nivel consumo por hogar, por lo que las familias de forma individual no se incentivan a reducir el consumo por motivo de la TUA, mientras que el pago agregado de todas las familias que debe recolectar la empresas de servicios públicos es más considerable.

- ***A pesar de que existe gran cantidad de normativa en el sector, en muchos casos se dificulta su cumplimiento por parte de los pequeños prestadores***

Las diversas dificultades que presentan los pequeños prestadores a nivel técnico, institucional, administrativo, representan un obstáculo para el cumplimiento de la diferente normativa existente en el sector. La normativa *“impone obligaciones que desde la realidad de los acueductos comunitarios pueden no ser posibles de cumplir, requisitos que solo determinados sectores pueden asumir y ejercer, específicamente los operadores privados y especializados”* (Red Nacional de acueductos comunitarios, 2016).

Por ejemplo, los operadores de servicios en el área rural, en su mayoría, no cuentan con concesiones de agua. De acuerdo con los resultados obtenidos en el inventario sanitario rural (ISR), sólo un 33% de los prestadores de servicios de acueducto contaban con concesión de agua otorgada por las autoridades ambientales competentes (DNP et al., 2014).

Otro ejemplo en el cual se puede evidenciar esta problemática es para el caso de la micromedición. El artículo 146 de la ley 142 de 1994, *“establece la obligatoriedad de implementar la micromedición por parte de los prestadores con instrumentos adecuados para tal fin y que las empresas tendrán un plazo a partir de la vigencia de esta Ley para elevar los niveles de macro y micromedición a un 95% del total de los usuarios, para lo cual deberán iniciar un plan, con un porcentaje mínimo de inversión, para la adquisición y financiación de los medidores a los estratos 1, 2, 3”*. Sin embargo, a pesar de esta normativa,

aún se sigue presentando una baja cobertura de micromedición, principalmente por parte de los pequeños prestadores, debido a su falta de capacidad.

De acuerdo con la encuesta Delphi, los expertos que participaron en su mayoría consideran que una de las principales debilidades en cuanto a la implementación de la normativa es la baja capacidad técnica, incluyendo la capacitación del personal, además de la falta de recursos para hacer control y seguimiento.

5. SECTOR INDUSTRIA MANUFACTURERA

5.1 RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO DE EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD DEL AGUA

El agua que ingresa a los procesos industriales y que es requerida para los diferentes procesos productivos, puede provenir de una fuente superficial, subterránea, acueducto u otra fuente. El agua que no es incorporada en el producto hace parte del volumen que sale del proceso y que puede ser ingresado nuevamente como un volumen de recirculación, y según los requerimientos de calidad del agua, podría involucrar un tratamiento previo. El volumen de agua que sale del proceso se convierte en el afluente de la PTAR o bien, puede ser vertida a una fuente superficial o al alcantarillado, cumpliendo con los estándares de calidad establecidos en la normativa.

De acuerdo con lo reportado en el ENA 2014, el sector industrial usó 2.106,0 millones de metros cúbicos, siendo el quinto sector con mayor demanda hídrica, correspondiente al 5,9% de la demanda anual de agua en el país para el año 2012. En este mismo estudio se reporta que el volumen de retorno para el uso industrial fue de 2.000,7 millones de metros cúbicos con un volumen de pérdidas de 493,5 millones de metros cúbicos, las cuales pueden deberse a **ineficiencia o pérdidas en los procesos** o a la incorporación del agua en el producto final producido, como es el caso de la industria de bebidas (IDEAM, 2015).

La mayor demanda de agua para el uso en el sector industrial en el año 2012 se produjo en el AH Magdalena Cauca con 97,29% de la demanda total del sector, esta demanda correspondió principalmente a las SZH: Arroyohondo – Yumbo - Mulalo-Vijes, Yotoco, Mediacanoa y Piedras, Bogotá, Palo, Ciénaga de Mayorquín y Porce. En el AH del Caribe se demandó el 2,17% del agua de uso industrial, siendo la segunda AH en consumo. En las AH del Orinoco y Pacífico, la demanda del sector fue menor al 0,50%, y en el AH del Amazonas no se demandó agua para el sector industrial manufacturero (IDEAM, 2015).

De acuerdo con el diagnóstico realizado, se encontró que las industrias clasificadas en el sector de alimentos, bebidas y tabaco fueron las que presentaron un mayor consumo de agua entre los años 2013 a 2015, seguidos de la fabricación de papel y actividades de edición e impresión, y fabricación de sustancias y productos químicos; estas tres agregaciones de grupos industriales utilizaron más del 73,1% del volumen total de agua del sector. Igualmente, estos tres grupos de sectores industriales fueron los de mayor generación de volumen de agua residual, vertiendo más del 72,8% del total del sector.

Otros tipos de industria que se deben tener en cuenta son aquellos que generan vertimientos con mayor carga contaminante, como altos contenidos de materia orgánica (DBO y DQO), nutrientes (NT y PT), metales pesados (cadmio, zinc, cobre, cromo, mercurio y plomo) y sólidos (ST, SST). Algunas de éstas, son la industria de papel, textil, galvanoplastia, elaboración de cerveza, elaboración y refinación de azúcar.

En Colombia, algunas **autoridades ambientales**, han llevado a cabo estudios para definir módulos de consumo dentro de los diferentes sectores productivos y a partir de ellos otorgar las concesiones de agua en diferentes sectores productivos. Éstos se refieren a la cantidad de agua que se requiere para el desarrollo de una actividad o la obtención de un producto, permitiendo de este modo determinar los caudales o volúmenes de aguas subterráneas o superficiales que se asignan a personas naturales o

jurídicas para el desarrollo de sus actividades domésticas, agropecuarias, industriales, comerciales o de otro tipo (AMVA - UPB, 2010; Casas F, 2012). **El establecimiento de los módulos de consumo, es una estrategia que sirve para desincentivar los altos consumos de agua entre las empresas**, al mismo tiempo que se definen los **potenciales de ahorro y uso eficiente del recurso y mecanismos para incentivarlos** (Casas F, 2012).

Sin embargo, de acuerdo con algunos casos exitosos analizados para empresas internacionales de la industria manufacturera y también para algunos casos nacionales, se observa que los módulos de consumo podrían sobreestimar la cantidad de agua requerida para los procesos productivos. Por ejemplo, en el caso de las bebidas se han encontrado eficiencias entre 1,2 y 1,41 m³/m³ a nivel internacional y en Colombia valores de 3,17 metros cúbicos de agua por metro cúbico de bebida producida, pero el módulo de consumo establecido es de 5 m³/m³, lo cual estaría indicando que podrían replantearse los módulos de consumo para que estos sean más exigentes en cuanto a consumo de agua.

5.2 PRIORIZACIÓN DE FACTORES IDENTIFICADOS QUE INFLUYEN EN LOS PROBLEMAS DE EFICIENCIA, PRODUCTIVIDAD Y REÚSO DEL AGUA

Teniendo en cuenta la presión ejercida sobre el recurso hídrico en cuanto a cantidad y calidad por parte de la industria manufacturera, se identifican 14 factores que inciden en la eficiencia y productividad del agua dentro del sector (Tabla 15).

La identificación de estos factores se realizó con base en el diagnóstico realizado y teniendo en cuenta las problemáticas identificadas en la Evaluación de Potencial de Crecimiento Verde para Colombia (DNP et al., 2017) en los ejes temáticos relacionados con el uso del agua en el sector de la industria manufacturera.

Tabla 15. Factores identificados para el sector de la industria manufacturera y que influyen en los problemas de productividad y eficiencia del uso del agua

TECNOLÓGICO	ECONÓMICO	POLÍTICO	AMBIENTAL	SOCIAL
Sistemas de tratamiento de aguas residuales y calidad de agua requerida	Precio del Agua	Instrumentos económicos	Disponibilidad hídrica	Aspectos socio-culturales
Disponibilidad de Información	Inversión	Normatividad		
Procesos de producción sostenible	Costos de implementación de procesos de producción más limpia	Institucionalidad		Capacitación del personal
Investigación y desarrollo		Articulación en el ordenamiento		

Por medio de una matriz de relaciones estructurales (Figura 27) y siguiendo la metodología descrita en el Capítulo 2, se realizó una evaluación de influencia y dependencia de los factores identificados en el sector industrial. En la Figura 27 se observa que los factores “Clave”, es decir aquellas que tienen alta influencia sobre los demás factores y que a su vez dependen de otras, son la disponibilidad hídrica,

procesos de producción sostenible, inversión, investigación y desarrollo, aspectos socio-culturales, precios del agua, los instrumentos económicos las disponibilidad de información, la institucionalidad y los sistemas de tratamiento de aguas residuales. Mientras que la normatividad, como factor “Determinante”, tiene alta influencia sobre otros factores, pero no dependen de las demás. Los costos de producción, la capacitación y la articulación en el ordenamiento, se clasificaron como factores o variables “Dominadas”, es decir que tienen una mayor dependencia y una menor influencia.

Posteriormente, en el Taller Comité Consultivo, estos factores fueron validados, complementados y luego priorizados, por los expertos del sector, los cuales les asignaron una calificación según su percepción de importancia a cada uno de los factores. En la Tabla 16 se presenta los factores resultantes del Taller y la calificación asignada por los expertos participantes para la priorización. Resaltando en color rojo los factores que obtuvieron la mayor calificación (mayor o igual a 4) y sin resaltar los factores que no recibieron ninguna calificación. Es de aclarar que, como resultado del Taller Comité Consultivo, algunos de los factores considerados en el análisis de relaciones estructurales, fueron cambiados o no fueron considerados como factores importantes por los expertos.

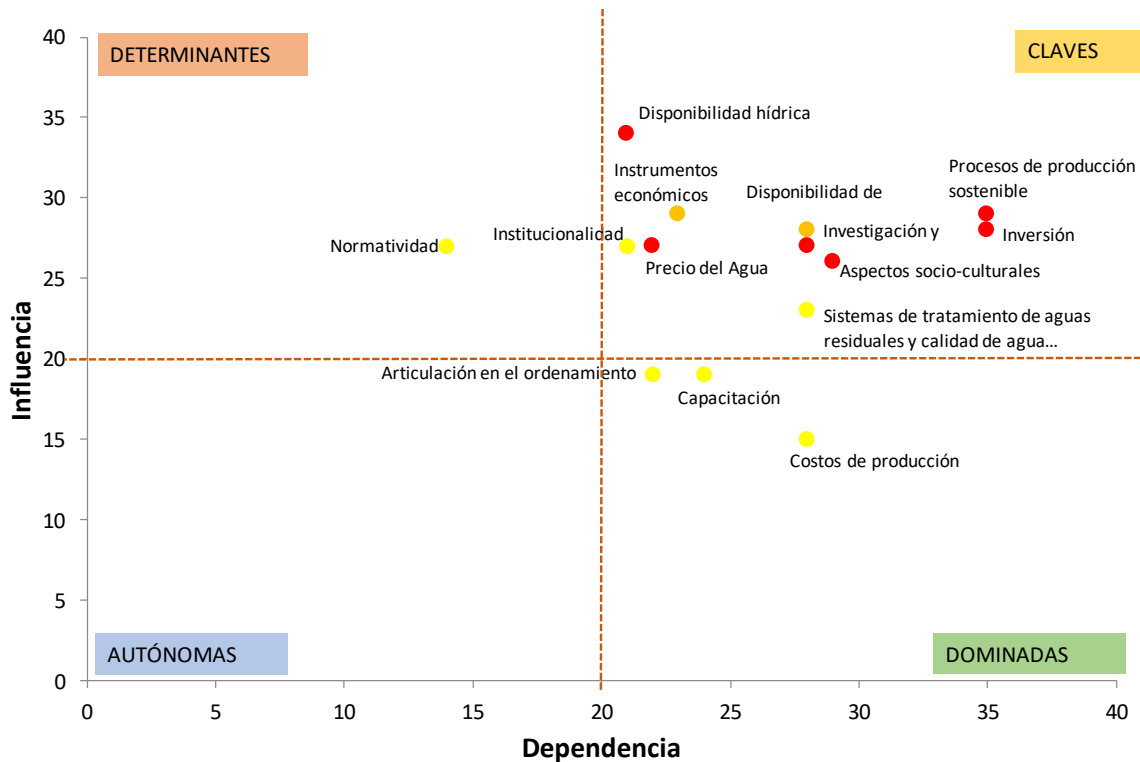


Figura 27. Matriz de relaciones estructurales entre los factores que influyen en los problemas de productividad y eficiencia del agua en el sector industria manufacturera.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Calificación de factores identificados para el sector industria manufacturera en Taller Comité Consultivo

Orden	Factores	Puntaje
1	Valor económico del agua, valoración de oportunidades de mercados sostenibles	10
2	Patrones de consumo nacionales	7

Orden	Factores	Puntaje
3	Investigación y desarrollo	5
4	Disponibilidad hídrica (cantidad y calidad)	5
5	Implementación de procesos de producción sostenible, estándares internacionales, buenas prácticas	4
6	Instrumentos económicos	3
7	Monitoreo y control del recurso hídrico	3
8	Costos de implementación de procesos de producción sostenible	3
9	Sistema de información nacional y regional del agua	3
10	Planificación de largo plazo en el uso del agua en el territorio	2
11	Servicios ecosistémicos	2
12	Sistemas de tratamiento de aguas residuales y calidad de agua requerida	1
13	Costos de producción	1
14	Riesgo hídrico	1
15	Cultura del uso del agua	1
16	Institucionalidad	0
17	Inversión del estado	0
18	Precios del agua	0
19	Capacitación del personal	0

Como resultado de los procesos anteriores, los factores priorizados son: Valoración de oportunidades de mercados sostenibles y precios del agua, Patrones de consumo de agua, investigación y desarrollo, disponibilidad hídrica (cantidad y calidad), implementación de procesos de producción sostenible, Instrumentos económicos, Monitoreo y control del recurso hídrico, costos de implementación de procesos de producción sostenible, sistemas de información nacional y regional del agua. En la Tabla 17 se presentan los factores priorizados que tienen influencia en los problemas de productividad y eficiencia del agua en el sector.

Tabla 17. Factores priorizados que tienen influencia en los problemas de productividad y eficiencia del agua en el sector industria manufacturera.

Tecnológico	Económico	Político	Ambiental	Social
Implementación de procesos de producción más limpia, estándares internacionales, buenas prácticas	Valoración de oportunidades de mercados sostenibles y precios del agua	Instrumentos económicos	Disponibilidad hídrica (cantidad y calidad)	Patrones de consumo nacionales
Investigación y desarrollo	Costos de implementación de procesos de producción más limpia	Sistema de información nacional y regional del agua		
Monitoreo y control del recurso hídrico-disponibilidad de información				

5.2.1 VALORACIÓN DE OPORTUNIDADES DE MERCADOS SOSTENIBLES Y PRECIO DEL AGUA

- El bajo precio por el acceso al agua, que para la industria manufacturera representa más del 80% (DANE & IDEAM, 2015) de la demanda sectorial no motiva a implementar sistemas de uso eficiente del agua ya que no representan un beneficio financiero directo.
- En la región metropolitana de São Paulo Brasil, el precio del agua del acueducto motivó un arreglo institucional para el abastecimiento con efluentes tratados y la reducción del uso de agua en industrias lácteas, farmacéuticas y de procesamiento de alimentos; en otros casos el reúso es motivado por la baja disponibilidad de agua.

El **precio del agua** es un factor que afecta los problemas de implementación de procesos de producción sostenible en las industrias, ya que, si éste es muy bajo, las empresas no se verán motivadas a implementar estas medidas al no representar ahorros económicos, mientras que, si los precios son altos, las empresas se verán en la necesidad de buscar nuevas alternativas.

Un ejemplo sobre la influencia del precio del agua en la implementación de procesos de producción sostenible es en Brasil, donde los **altos costos del agua** del acueducto para la industria llevaron a evaluar ofertas de las compañías de saneamiento para la compra de efluentes tratados, a precios inferiores a los del agua potable. En algunas áreas de la región metropolitana de São Paulo el costo del agua para la industria está en torno a ocho reales por metro cúbico, mientras que el agua de **reúso** presenta un costo marginal por metro cúbico poco superior a cuatro reales (Hespanhol, n.d.). Otro caso relevante es el del Polo Petroquímico de la región del ABC, en el cual, desde la década de 1990, se reúsan aguas residuales tratadas, debido a las malas condiciones de **disponibilidad de agua** presentadas en la zona de la subcuenca del Alto Tietê. También industrias lácteas, farmacéuticas y de procesamiento de alimentos en São Paulo, redujeron el uso de agua por unidad de producción en un 6%, 49% y 42%, respectivamente debido a los altos costos del agua. (WWAP, 2016).

Lo que ocurre que es las empresas de la industria manufacturera, como unidades económicas que buscan maximizar beneficios deben minimizar costos, para lo cual, como cualquier agente económico evalúan sus alternativas en términos del costo de oportunidad, en este caso el precio del agua es el factor determinante de la decisión ya que si es bajo, el costo de oportunidad de consumir más agua en los procesos productivos es bajo y esta decisión será más costo efectiva que utilizar una tecnología de producción más sostenible, mientras que si el precio del agua es alto, posiblemente utilizar una tecnología de producción más sostenible será la opción más costo efectiva. Este análisis se basa en el comportamiento racional⁴⁰ esperado por los agentes económicos.

5.2.2 PATRONES DE CONSUMO NACIONALES

- Se refiere a las motivaciones de los consumidores para decidir sobre los productos que elige; los patrones nacionales aún no consideran como factor de decisión el componente de desempeño ambiental de los productores.

Dentro de los aspectos socioeconómicos, un factor importante en el sector son los **patrones de consumo** por parte de las personas. Se deben realizar campañas desde políticas educativas en las cuales se incentive a los usuarios finales a elegir productos eficientes ambientalmente, modificando de este modo

⁴⁰ Comportamiento racional se refiere a que la teoría económica espera que los agentes (productores o consumidores) tomen decisiones bajo el criterio de maximizar beneficios.

estos patrones y promoviendo así el uso de tecnologías eficientes en cuanto el recurso hídrico dentro de las empresas, ya que la oferta está definida en gran medida por la demanda⁴¹.

Se deben promover cambios en los patrones de consumo y enfocar esfuerzos en economía del comportamiento, campañas y políticas educativas.

5.2.3 INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

- La inversión en investigación y desarrollo que es uno de los principales factores para promover el crecimiento económico a largo plazo, es muy bajo en Colombia, de cerca del 0,2% del PIB en 2000, en comparación con el promedio de los países de la OCDE, que es del 2,3% del PIB.
- Un estudio realizado por el BID en cuatro países de Latinoamérica identificó como los principales obstáculos para la innovación de las empresas, los siguientes: (i) limitaciones para obtener financiamiento; (ii) incapacidad de las empresas para adecuarse a los largos períodos para recuperar las inversiones; (iii) el reducido tamaño del mercado, y (iv) la escasez de personal calificado (BID, 2010).

La inversión en investigación y desarrollo es uno de los principales factores para promover el crecimiento económico a largo plazo. Sin embargo, ésta sigue siendo muy baja en los países de América latina (0,67% del PIB) en comparación con países de referencia como los de la OCDE, los cuales en promedio invierten cerca del 2,29% del PIB para este tema (BID, 2010).

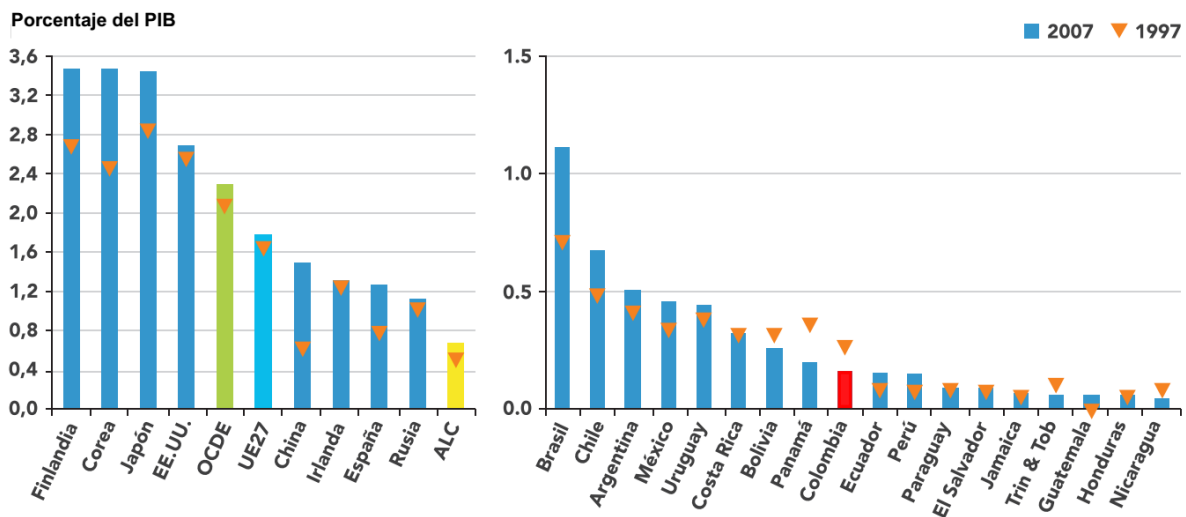


Figura 28. Inversión en I&D como porcentaje del PIB, para el año 2007 (o año más reciente disponible) en diferentes países
Tomado de: (BID, 2010)

Para el caso de América Latina y El Caribe, se observa que el porcentaje de la inversión en temas de investigación y desarrollo es muy bajo comparado con otros países como Finlandia, Corea, Japón, Estados Unidos y países de la OCDE y el caso específico de Colombia muestra que este valor es también

⁴¹ Conclusión obtenida mediante consulta a expertos en Taller comité consultivo 1 “diagnóstico y priorización”

bajo respecto a otros países de la región como Brasil y Chile y adicionalmente se observa que entre los años 1997 y 2007 hubo una disminución en el porcentaje invertido (Figura 28).

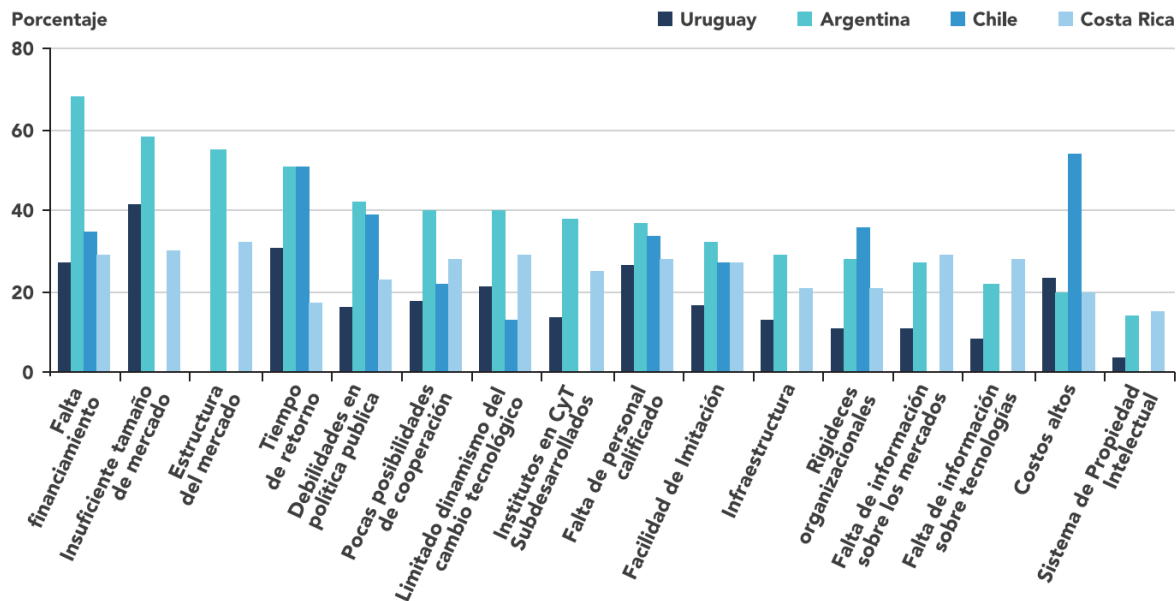


Figura 29. Obstáculos para la innovación en las empresas (porcentaje de todas las empresas para las cuales estos obstáculos son de importancia alta o mediana).
Tomado de: (BID, 2010)

En la Figura 29 se observan los principales obstáculos identificados que se pueden presentar en algunos países de Latino América y El Caribe para la innovación dentro de sus empresas, los principales obstáculos mencionados son: (i) limitaciones para obtener el financiamiento que les permita llevarla a cabo (altos costos y riesgos de la innovación); (ii) incapacidad de las empresas para adecuarse a los largos períodos (supuestos o reales) que deben transcurrir antes de recuperar las inversiones o de que puedan obtener ganancias (tasas de rentabilidad); (iii) el reducido tamaño del mercado, y (iv) la escasez de personal calificado (BID, 2010).

Con base en lo anterior, se puede decir que la **implementación de procesos de producción sostenible** en las empresas depende de otros factores como la **innovación y desarrollo**, la **falta de financiación**, entre otros. Para implementar en los procesos productivos, tecnologías de uso eficiente del agua y otras medidas para mejorar la productividad del agua es necesario que se cuente con fuentes de financiación, así como personal calificado para la operación de estas, además con incentivos que motiven a las empresas a implementar estas medidas.

5.2.4 DISPONIBILIDAD HÍDRICA (CANTIDAD Y CALIDAD)

- Dado que las industrias manufactureras se abastecen principalmente de fuentes superficiales y subterráneas, la variación en su disponibilidad y calidad las afecta directamente, como fue reconocido en el primer taller consultivo por los participantes de este sector.

Uno de los factores más determinantes a la hora de hablar de eficiencia y productividad del agua en la industria es la **disponibilidad hídrica**, ya que ésta determina en cierto modo la cantidad de agua que se puede utilizar dentro de un proceso productivo e incentiva a la aplicación de medidas como el reúso y la recirculación ante la escasez de agua, ya que en muchos casos en los cuales la industria está localizada en lugares con fuerte presión sobre el recurso hídrico, no es una opción la implementación de estas medidas sino que puede llegar a ser necesario para poder desarrollar las actividades industriales. En algunos lugares de México en los cuales se presenta una sobreexplotación de los acuíferos, se han implementados medidas como el reúso, al igual que en Brasil.

5.2.5 IMPLEMENTACIÓN Y COSTOS DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN SOSTENIBLE, ESTÁNDARES INTERNACIONALES Y BUENAS PRÁCTICAS

- Los procesos de producción sostenible, que hacen parte de las estrategias internas de las empresas, contribuyen a mejorar la eficiencia, productividad y reducción de la contaminación del agua; estos procesos incluyen la aplicación de buenas prácticas, cambios en los procesos productivos y cambios tecnológicos; estos últimos son los que requieren mayores inversiones.
- Existen factores externos a las empresas definidos por su contexto, incluyendo las políticas locales, regionales o nacionales de gestión del agua industrial, el marco normativo, la posibilidad de agrupación de industrias para facilitar el reúso del agua al disminuir los costos de recolección y transporte, y la disponibilidad de instrumentos económicos como créditos blandos y donaciones.
- El CNPML ha identificado los principales elementos que motivan o impiden la adopción de estrategias de producción más limpia en las empresas colombianas: El control y seguimiento al cumplimiento de la legislación, la claridad de los beneficios de las inversiones realizadas, las exigencias del mercado, las políticas corporativas y los factores económicos externos (CNPML, 2000).

Los **procesos de producción sostenible** dentro de las empresas pueden ser uno de los factores más determinantes a la hora de hablar de eficiencia y productividad del agua. **La implementación de estos procesos requiere en general, un cambio de actitud, un manejo ambiental responsable y la evaluación de opciones tecnológicas.** La implementación de estos procesos de producción sostenible puede estar enfocados a buenas prácticas, cambios en los procesos productivos y en cambios tecnológicos. Según datos del CNPML (2012), de una muestra de 14 empresas que han implementado exitosamente procesos de producción más limpia en Colombia, **el 50% realizaron una optimización del proceso, las cuales en muchos casos requirieron cero inversiones económicas**; el 36% implementó buenas prácticas productivas y el 14% realizó cambios tecnológicos, los cuales requieren el mayor porcentaje de inversión, el tiempo promedio de recuperación de la inversión fue estimado en dos años (CNPML, 2002).

Las estrategias industriales de gestión del agua para llevar a cabo un uso eficiente pueden estar dirigidas en una compañía hacia factores internos o externos. A nivel interno se definen medidas que se enfoquen a nivel de consumo de agua y de generación de aguas residuales a controlar, como recirculación. Por otro lado, las estrategias externas son medidas que se requieren a nivel de la industria en el contexto de las **políticas locales, regionales o nacionales de gestión del agua industrial**. Algunas de estas estrategias son: contar con un **marco normativo enfocado a reúso y recirculación del agua**⁴²; la posibilidad de agrupación de industrias en un lugar determinado (parques industriales) lo cual podría facilitar el reúso del agua residual al disminuir los costos de recolección y transporte de una industria a otra, aprovechar eficientemente el agua dentro de la industria, para que cada proceso cuente con las mejores medidas

⁴² Conclusión obtenida mediante consulta a expertos en Taller comité consultivo 1 “diagnóstico y priorización”

en términos de eficiencia y la aplicación de instrumentos económicos como multas, subsidios, créditos blandos y donaciones.

El CNPML a través de su trabajo con empresas colombianas, ha identificado una serie de elementos que motivan o impiden la adopción de estrategias de producción más limpia en las empresas colombianas: El control y seguimiento al cumplimiento de la legislación, la claridad de los beneficios de las inversiones realizadas, las exigencias del mercado, las políticas corporativas y los factores económicos externos (CNPML, 2000).

5.2.6 INSTRUMENTOS ECONÓMICOS:

- Entre los incentivos tributarios utilizados en Colombia, está la reducción del impuesto de renta por resultados de inversiones ambientales, implementado por la Secretaría Distrital de Ambiente.
- Los bajos precios de la TUA y la TR aún no motivan las inversiones, pero el mayor costo para el sector industrial definido en Decreto 1155 de 2017 es un avance que reconoce que el sector genera mayor valor agregado, tiene mayor capacidad de pago y más posibilidades de innovación en los procesos productivos.
- ***BAJO USO Y DIFICULTADES EN LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA ACCEDER A BENEFICIOS TRIBUTARIOS Y BAJO NIVEL DE TASAS AMBIENTALES***

Los incentivos económicos también representan un factor que tiene influencia positiva en el uso eficiente y el aumento de la productividad del agua dentro del sector industrial. Dichos incentivos podrían incluir subsidios para las industrias que implementan tecnologías ambientales innovadoras y apoyo financiero y de asesoría para las industrias que financian nuevas investigaciones (WWAP, 2006).

En Bogotá, “la Secretaría Distrital de Ambiente actualmente **incentiva la inversión ambiental** mediante la Resolución 7189 de 2010 clasificando las empresas en bajo y medio impacto ambiental, para efectos del pago del impuesto predial y la Resolución 5999 de 2010 como el programa de Excelencia Ambiental Distrital – PREAD, que además de los beneficios tributarios, cuenta con otros como el reconocimiento público de su destacada acción”. De 2011 a 2015 se han inscrito en este programa 5782 empresas con un promedio anual de 1157 empresas⁴³, sin embargo, sólo el 20% de estos establecimientos llegan a implementar sistemas de gestión ambiental con elementos de producción limpia y responsabilidad social empresarial (Secretaría Distrital de Ambiente & Alcaldía Mayor de Bogotá, 2015). En el programa se destacan casos como el de la empresa Industrias Cruz Hermanos S.A., empresa del sector mobiliario que fabrica productos metálicos y metal-plásticos. Con la adquisición de un tren de pintura para sus procesos, lograron eliminar por completo el uso del recurso hídrico y vertido de aguas residuales industriales, lo cual les permitió ser beneficiarios del incentivo tributario sobre el pago del impuesto de la renta en 2012 (Figuerola, 2015).

En cuanto a la TUA y la TR, para el sector industrial se han considerado bajas. La TUA y la TR como tasas asociadas al consumo y vertimiento de agua, están directamente ligadas al precio del agua, y están

⁴³ Según el Boletín del Programa de Gestión Ambiental Empresarial de la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá para el año 2015, el promedio de participación anual fue de 1157 empresas. Para el 2014 el 46% de las organizaciones se clasificaron como microempresas, el 28% como pequeñas empresas, el 21% mediana empresa y el 6% como grandes empresas.

diseñadas bajo la idea de racionalidad del agente económico, pueden ayudar a incrementar el precio del agua de forma tal que la empresa determine que es más costo efectivo implementar tecnologías de producción que demanden menos consumo de agua, o que generen menos vertimientos, por ejemplo, la PTAR) que pagar el precio del agua inflado por estas tasas.

Aun así, el diagnóstico de esta consultoría encontró que tanto la TUA como la TR no están teniendo los efectos esperados sobre el consumo y vertimiento de aguas. Varios estudios como (MADS, 2014) mencionan la necesidad de aumentar tasas como la TUA a fin de fortalecer el incentivo en de la industria manufacturera a implementar tecnologías de producción más sostenibles, además de generar tasas diferenciadas según la actividad económica. En respuesta a esto el Decreto 1155 de 2017 agregó una nueva variable al cálculo de la TUA denominada coeficiente de uso, el cual es más alto para el caso de la actividad industrial (0.2), reconociendo que genera mayor valor agregado, tiene mayor capacidad de pago y tiene más posibilidades de innovación en los procesos productivos.

5.2.7 MONITOREO Y CONTROL DEL AGUA UTILIZADA EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS

- La selección de medidas para uso eficiente del agua y reducción de la contaminación requiere la medición de los consumos y de los vertimientos unitarios, así como su caracterización fisicoquímica.
- El desarrollo y adopción de innovaciones en la productividad del agua requiere de sistemas de innovación que involucren una variedad de actores, que incluyen universidades públicas y privadas e instituciones de investigación, productores y autoridades ambientales.

Una de las principales herramientas utilizadas en procesos de gestión ambiental es la determinación de indicadores de consumo de agua. Es así como, para el manejo eficiente del agua en cualquier actividad industrial, se requiere conocer el consumo unitario y el vertimiento que genera dicho uso.

Para hablar de uso eficiente y racional del agua y determinar metas de ahorro a futuro, es necesario conocer los valores típicos o consumos base de agua para la producción industrial (AMVA - UPB, 2010). Por tal motivo es de gran importancia realizar monitoreo tanto de los vertimientos generados como de la cantidad de agua consumida en los diferentes procesos involucrados en las diversas industrias, para de este modo establecer las medidas necesarias para mejorar la calidad de los vertimientos y el uso eficiente del agua, adicionalmente esta información contribuye al establecimiento de los módulos de consumo para las diferentes industrias.

A **nivel institucional**, el desarrollo y adopción de innovaciones en la productividad del agua requiere de sistemas de innovación que involucren una variedad de actores, desde universidades públicas y privadas e instituciones de investigación hasta productores, agencias de manejo de agua y el sector privado. Además, se deben **desarrollar investigaciones**⁴⁴ que se centren fuertemente en lograr una mayor producción con menos agua a múltiples escalas y en múltiples contextos.

En Colombia, el Centro Nacional de Producción más Limpia y Tecnologías Ambientales (CNPMLTA), fundado como respuesta a la necesidad de apoyo del desarrollo empresarial sostenible a través del fomento de mejores condiciones de productividad, competitividad y sostenibilidad, tiene como misión la introducción y difusión de los conceptos de ecoeficiencia, producción más limpia y tecnologías ambientales buscando apoyar el fortalecimiento del sector empresarial privado y público. Los servicios

⁴⁴ Conclusión obtenida mediante consulta a expertos en Taller comité consultivo 1 “diagnóstico y priorización”

del Centro se enfocan en: **Información, capacitación, entrenamiento, asistencia técnica, transferencia de tecnologías y asesoría política** (CNPML, 2002).

El CNPML como parte de su labor, se encarga de **divulgar los esfuerzos** realizados por algunas empresas de los diferentes sectores para mejorar su desempeño ambiental y económico con el objetivo de que estos casos sirvan como ejemplo y motivación para otros empresarios al mostrar los beneficios de la implementación de este tipo de procesos (CNPML, 2002).

Con base en lo anterior, algunas recomendaciones para mejorar el uso eficiente del agua dentro de las industrias del país son:

- El uso de **indicadores de desempeño** de otras empresas comparables del mismo sector tanto a nivel nacional como internacional (Casas F, 2012).
- **Medición del consumo de agua en cada uno de los subprocesos** para así determinar la eficiencia y las fallas en cada uno de éstos y poder desarrollar acciones individuales para mejorar la eficiencia del agua en el proceso productivo. Realizar un monitoreo de agua en una planta industrial permite identificar claramente dónde se está utilizando el agua suministrada a la planta, cuánto se utiliza en cada proceso y dónde termina. Una vez que se ha realizado un monitoreo adecuado del agua, es posible trazar un diagrama de flujo y mostrar el balance de agua a través de la planta, o sobre unidades individuales del proceso. Este es un insumo fundamental para encontrar maneras innovadoras de ahorrar agua en el proceso industrial. El agua se puede ahorrar reduciendo la entrada de agua, donde se está desperdiciando innecesariamente, o identificando las oportunidades de recirculación y reúso del agua, así como el uso de aguas lluvia. (WWAP, 2006).
- **Optimización de procesos, instalación de dispositivos ahorradores, reducción de pérdidas, reúso y recirculación de agua, fuentes alternativas como el uso de aguas lluvia, cambios tecnológicos, modificación de procedimientos, cambios de hábitos y programas de capacitación** (Casas F, 2012).
- En muchos casos, la industria utiliza agua de mejor calidad de lo que el proceso requeriría. Pero también puede suceder lo contrario: los procesos industriales a veces necesitan agua de alta calidad. Con base en esto, **una mejor adaptación a las necesidades de calidad** puede resultar en una mayor productividad del agua. Por ejemplo, para el caso de procesos que no requieren agua de alta calidad se puede pensar en la posibilidad de implementar **sistemas de recirculación o reúso de agua** (UNIDO, 2007; WWAP, 2006).

6. SECTOR MINERO

6.1 RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO DE EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD DEL AGUA

En Colombia se hace extracción de aproximadamente 22 minerales (Censo Minero, Ministerio de Minas y Energía, 2012). Ya que no todos los minerales tienen la misma incidencia en términos hídricos o no son tan representativos en términos económicos, este estudio priorizó el oro y el carbón como los más representativos del sector minero, de acuerdo al análisis de las siguientes variables: distribución espacial, relevancia económica para Colombia, temas reputacionales, relación con el recurso hídrico y disponibilidad de información (producción, uso y consumo de agua y vertimientos).

La estimación de la cantidad de agua total usada en la minería de oro y carbón representa el 1,8% de la demanda hídrica total (IDEAM, 2015), sin embargo, la base de información obtenida para dichos análisis, puede subestimar la demanda real de agua, por lo tanto, este sector puede tener una mayor participación en el consolidado nacional y a nivel de SZH tener mayor incidencia en indicadores como el IUA, el IARC o el IACAL, lo cual puede cambiar considerablemente el análisis de este sector y los conflictos por el uso del recurso desde este sector; sumado a la dificultad de contar con información sobre los requerimientos hídricos para obtener los demás minerales.

La información disponible no permite generar una línea base confiable para diferentes años, que permita estimar la eficiencia y productividad del sector, y a su vez establecer metas que indiquen mejoras en los procesos.

Igualmente, no se han identificado indicadores que estimen la eficiencia y la productividad en términos de la calidad de los vertimientos⁴⁵ aspecto más relevante para la minería por las características de sus efluentes.

Dadas estas problemáticas, esta consultoría buscó identificar los factores que más influyen en la eficiencia y productividad del agua, con el fin de orientar las estrategias para mejorar estos dos aspectos en el sector minero.

En el caso de la minería de oro y carbón, la eficiencia y productividad del agua se relacionan con la intensidad en el uso o consumo del agua con respecto a la cantidad de mineral procesado; sin embargo, la actividad minera es diversa y extensa en el territorio, lo cual desborda la capacidad técnica, operativa e institucional de los entes territoriales (Departamento Nacional de Planeación DNP, 2015), dificultando el proceso de control y en consecuencia el seguimiento permanente a las variables que pueden incidir en la productividad del agua, como el uso de agua en el proceso, que los volúmenes de agua captados correspondan a los concesionados, que los vertimientos cumplan con los criterios de calidad, que no tengan conexiones ilegales de agua, que la información reportada por los mineros sea confiable, el uso de fuentes alternativas, entre otras.

Se han identificado tecnologías para reducir el uso de sustancias químicas (procesos de producción más limpia) y para el tratamiento de las aguas residuales generadas en la minería de oro y carbón (Hernández,

⁴⁵ Un aspecto a considerar en el programa de crecimiento verde, corresponde a definir indicadores de eficiencia y productividad relacionados a la carga contaminante.

Sanz, & Mancebo, 2014; Ministerio de Minas y Energía, 2011, 2013, Unidad de Planeación Minero Energética UPME, 2014a, 2015b; UPME, 2015). La implementación de éstas puede considerarse deficiente especialmente en la pequeña y mediana minería. Como posibles variables que afectan la implementación de estas tecnologías y los sistemas de tratamiento de aguas residuales están los costos, el desconocimiento sobre dichas tecnologías, desinterés en implementarlas, carencia de incentivos para su implementación, entre otras. La baja implementación de estos sistemas genera que los vertimientos lleguen a las fuentes hídricas con concentraciones de contaminantes que pueden exceder los criterios de calidad definidos en la Resolución 631 de 2015.

En Colombia ya se tienen identificadas a nivel de subzona hidrográfica, las cuencas que presentan restricciones por disponibilidad hídrica (IDEAM, 2015). Estas restricciones pueden afectar el desarrollo de la actividad ya sea porque se puede reducir la oferta hídrica o porque la calidad de las fuentes de abastecimiento implica tratamientos previos al proceso o tratamientos más costosos antes de hacer los vertimientos.

En Colombia se presenta un vacío de información de los sistemas hídricos. En el caso de los sistemas superficiales, zonas como la Orinoquía y la Amazonía presentan una deficiente red de monitoreo. En el caso de las fuentes subterráneas se tiene un desconocimiento general de las dinámicas propias de los sistemas acuíferos.

6.2 PRIORIZACIÓN DE FACTORES CRÍTICOS EN LA EFICIENCIA, PRODUCTIVIDAD DEL AGUA Y REDUCCIÓN DE VERTIMIENTOS

Con base en la información compilada en el diagnóstico se identificaron 17 factores que influyen significativamente en la eficiencia, productividad del agua y reducción de los vertimientos en el sector minero; estos factores fueron agrupados en criterios tecnológicos, económicos, políticos, ambientales y sociales y tienen en cuenta además las problemáticas identificadas en la Evaluación de Potencial de Crecimiento Verde para Colombia (DNP, Fedesarrollo, & Instituto Global de Crecimiento Verde Colombia, 2017) en los ejes temáticos productividad del agua dulce, calidad del agua y vulnerabilidad al cambio climático. Su descripción se presenta en la Tabla 18.

Tabla 18. Factores que inciden en la eficiencia, productividad y reúso del agua en el sector minero

TECNOLÓGICO	ECONÓMICO	POLÍTICO	AMBIENTAL	SOCIAL
Procesos de producción sostenible	Inversión	Institucionalidad	Disponibilidad hídrica	Diversidad en los modos de producción
Sistemas de tratamiento de aguas residuales	Instrumentos económicos	Normatividad	Variabilidad climática	Capacitación
Tecnologías de uso eficiente del agua				Aspectos socioculturales
Disponibilidad de Información	Precio del agua	Articulación en el ordenamiento (territorial, productivo y ambiental)		Temas reputacionales
Fortalecimiento técnico - científico de los centros de investigación				

En la Tabla 19 se presentan las calificaciones obtenidas para los diferentes factores analizados por los expertos en el taller comité consultivo.

Tabla 19. Calificación de factores para el sector agua potable en Taller Comité Consultivo

Orden	Factor	Puntaje
1	Institucionalidad	11
2	Disponibilidad hídrica (restricciones hídricas a nivel de SZH)	8
3	Limitada información sobre los sistemas hídricos (monitoreo integral)	7
4	Fortalecimiento técnico - científico de los centros de investigación como el IDEAM y de las CAR	6
5	Implementación de procesos de producción más limpia y sistemas de tratamiento de aguas residuales (investigación)	5
6	Considerar los beneficios económicos sobre la región (regalías)	5
7	Productividad del agua en función de variables como las fases mineras, escala de producción, método y el material removido	4
8	Instrumentos económicos	4
9	Clima	3
10	Afectación de la minería sobre la disponibilidad hídrica	3
11	Diversidad del sector	3
12	Inversiones y estrategias para disminuir el riesgo asociado a la variabilidad y cambio climático	2
13	Capacitación	2
14	Inversiones	1
15	Control policivo a toda la minería especialmente la ilegal	1
16	Aspectos culturales	1
17	Temas reputacionales	1

Con los factores identificados, se realizó una evaluación de influencia y dependencia, en donde por medio de la matriz de relaciones estructurales, se identificaron los factores dominantes, dominados, autónomos y clave para la eficiencia, la productividad del agua y la reducción de los vertimientos en el sector minero (Figura 30). Adicional, estos factores fueron priorizados mediante el primer taller comité consultivo “diagnóstico y priorización” realizado a expertos en el sector.

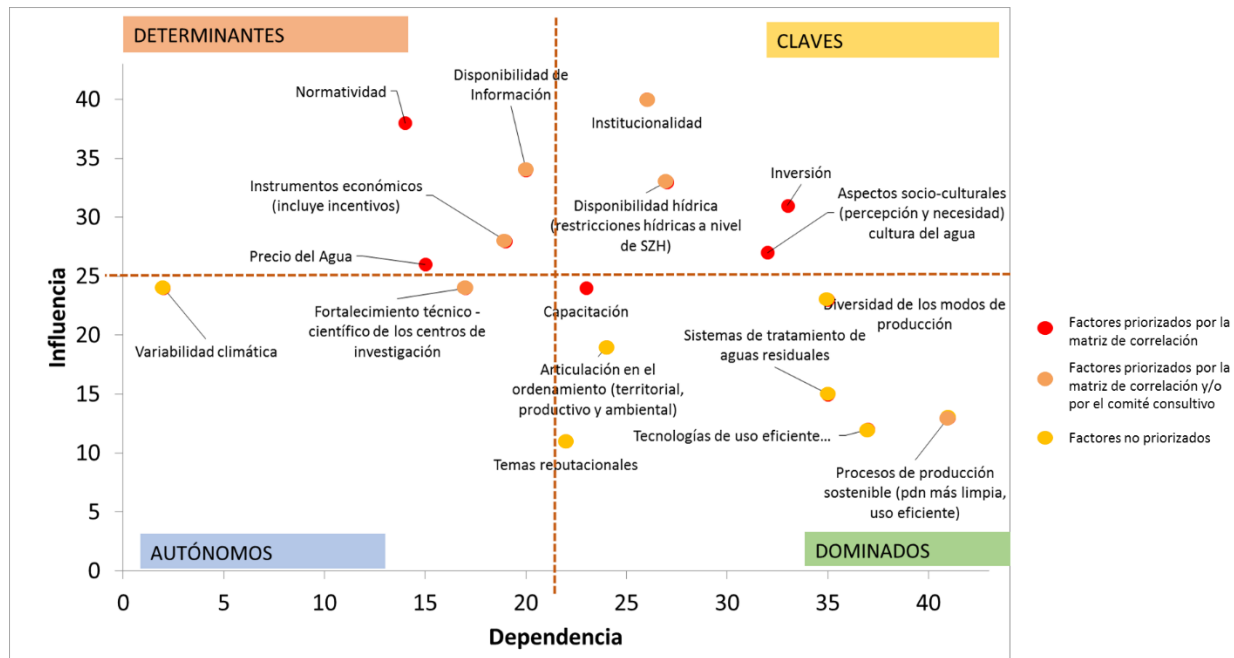


Figura 30. Matriz de relaciones estructurales entre los factores que influyen en la eficiencia y productividad del agua en el sector minero

En la figura anterior se observa cómo entre los factores clave y determinantes se encuentran la institucionalidad, la inversión, aspectos socio – culturales, la disponibilidad hídrica, la disponibilidad de información, la normatividad, los instrumentos económicos y el precio del agua. Dentro de la zona de factores reguladores, se encuentran el fortalecimiento técnico científico de los centros de investigación y la capacitación. La mayoría de estos factores coinciden con la priorización realizada con los expertos en el comité consultivo.

El único factor entre los priorizados por los expertos en el taller del Comité consultivo que no quedaría clasificado como un factor determinante por su posición en la matriz de relaciones estructurales es el denominado procesos de producción sostenibles; en el sector minero este factor es muy importante, sin embargo, el hecho de aparecer como un factor dominado por otros se debe a que la implementación de este tipo de procesos es altamente dependiente o está fuertemente influenciado por otros factores, como es el caso de la normatividad, los instrumentos económicos, la inversión, entre otros. No obstante, se ha priorizado este factor por su relevancia en los procesos productivos del sector para la reducción de cargas contaminantes.

Finalmente, los principales factores identificados en el sector minero se presentan en la Tabla 20.

Tabla 20. Factores priorizados para el sector minero

Tecnológico	Económico	Político	Ambiental	Social
Disponibilidad de Información y transferencia del conocimiento	Inversión	Institucionalidad	Disponibilidad hídrica	Aspectos socio culturales

Tecnológico	Económico	Político	Ambiental	Social
Procesos de producción sostenible	Instrumentos económicos	Normatividad		Fortalecimiento técnico científico de los centros de investigación
	Precio del Agua			

A continuación, se presentan las diferentes problemáticas identificadas asociadas a los factores priorizados para el sector, enfocadas en el tema de vertimientos:

6.2.1 DISPONIBILIDAD DE INFORMACIÓN Y TRANSFERENCIA DEL CONOCIMIENTO

- Subestimación de la demanda real por deficiencia en la información.
- Falta de información de las características de los vertimientos y de la calidad del agua en las fuentes superficiales o subterráneas receptoras de los efluentes

Según los asistentes al Taller comité consultivo 1 diagnóstico y priorización, en Colombia se presenta un vacío de información de los sistemas hídricos, en el caso de los sistemas superficiales, zonas como la Orinoquía y la Amazonía presentan una deficiente red de monitoreo. En el caso de las fuentes subterráneas se tiene un desconocimiento general de las dinámicas propias de los sistemas acuíferos. Adicionalmente, la disponibilidad de información confiable y sistemática es de gran importancia para mejorar el tema de seguimiento y control de los vertimientos contaminantes, para así establecer las medidas apropiadas que apunten a su reducción, teniendo en cuenta el contexto propio de cada región o lugar donde se desarrolle actividad minera.

6.2.2 PROCESOS DE PRODUCCIÓN SOSTENIBLES

- Baja implementación de procesos de producción más limpia para reducir el uso de metales pesados y otras sustancias químicas en los procesos de beneficio de minerales
- Bajo porcentaje de tratamiento de AR en el sector minero

La implementación de procesos de producción más limpia en las actividades mineras es un factor determinante, tanto en la productividad y la eficiencia del agua en el sector, como en la reducción de los vertimientos contaminantes. Se han encontrado diversos casos a nivel internacional en los cuales se han implementado medidas que han favorecido la gestión del agua dentro de la actividad minera. Actualmente estas tecnologías no son ampliamente implementadas, principalmente en la pequeña y mediana minería, debido en algunos casos a los altos costos, el desconocimiento sobre éstas, la falta de interés y carencia de incentivos para su implementación, entre otras. La baja implementación de estos sistemas genera que los vertimientos lleguen a las fuentes hídricas con concentraciones de contaminantes que pueden exceder los criterios de calidad definidos en la Resolución 631 de 2015.

Se han identificado tecnologías para reducir el uso de sustancias químicas (procesos de producción más limpia) y para el tratamiento de las aguas residuales generadas en la minería de oro y carbón (Hernández, Sanz, & Mancebo, 2014; Ministerio de Minas y Energía, 2011, 2013, Unidad de Planeación Minero Energética UPME, 2014a, 2015b; UPME, 2015).

6.2.3 INVERSIÓN, INSTRUMENTOS ECONÓMICOS Y PRECIO DEL AGUA

- Difusión insuficiente de las fuentes de financiación para proyectos ambientales, de producción más limpia y STAR
- Falta de inversión por parte del gobierno nacional, entes gubernamentales a nivel regional y la empresa privada para implementar sistemas de producción más limpia y STAR
- Falta de instrumentos de financiación dirigidos a la minería de subsistencia y a la pequeña minería

Otro factor identificado relacionado con la gestión del recurso hídrico en la minería es el uso de instrumentos económicos, los cuales tienen como finalidad generar cambios en las tecnologías, el comportamiento o los productos, a través de incentivos financieros, ya sean subsidios, impuestos, diferenciación de precios (Environmental Programme for the Danube River Basin, n.d.) o creación de mercados para generar los comportamientos deseados por parte de determinado actor (CEPAL, 2015).

En Colombia, para la gestión del recurso hídrico existen dos instrumentos económicos, correspondientes a las tasas retributivas-TR y la tasa por uso del agua-TUA. Estos instrumentos por un lado buscan el logro de objetivos ambientales relacionados con la conservación y uso eficiente del agua; por otro lado, son una fuente de recursos financieros para inversiones ambientales que garanticen la renovabilidad del recurso (CORNARE, 2014).

En este factor se debe considerar además la ausencia de incentivos económicos lo cual desmotiva a los productores en el uso eficiente de los recursos, así como considerar la distribución y aplicación adecuada de las regalías asociadas al sector.

6.2.4 INSTITUCIONALIDAD

- Informalidad en la pequeña minería, ausencia de control Estatal de las CAR y de la ANLA

La priorización por parte del gobierno en temas ambientales y la **institucionalidad** juegan un papel importante en la gestión del agua, ya que la actividad minera es tan diversa y extensa en el territorio, que desborda la capacidad técnica, operativa e institucional en todos los niveles territoriales (Departamento Nacional de Planeación DNP, 2015). Esta situación, dificulta el proceso de control al sector y en consecuencia no se tiene un seguimiento permanente a las variables que pueden incidir en la productividad del agua y en las características de los vertimientos, de modo que estos cumplan con los criterios de calidad establecidos en la normativa (Ley 1658 de 2013, Resolución 0631 de 2015, etc.).

6.2.5 NORMATIVIDAD

- Vacíos normativos para el reúso del agua en el sector minero, tanto para ser receptor del recurso como para suministrar AR tratadas a otros sectores o usuarios
- Falta de incorporación en las licencias ambientales de una exigencia relacionada con la medición continua y reporte sistemático de parámetros fisicoquímicos in situ en las aguas captadas y de vertimiento de las actividades mineras.

El tema normativo es de gran incidencia en el tema de uso del agua en el sector minero. Colombia cuenta con una normativa clara en cuanto al desarrollo de la actividad minera y sus compromisos en materia ambiental. Sin embargo, se encuentran aún vacíos normativos, por ejemplo, no es claro si el sector minero debe presentar los planes de uso eficiente y ahorro del agua, o que tipo de actividad minera (por mineral o por tamaño), está obligada a presentar los reportes; en las guías de buenas prácticas ambientales el sector minero no fue incluido; en términos de reúso de agua no es claro si el sector minero, puede entregar aguas residuales previamente tratadas a otra actividad; no se propone al sector minero como receptor de aguas, el cual podría ser un usuario importante ya que el uso del agua en los procesos mineros no requiere estándares de calidad tan altos como en otras actividades (sector agrícola).

La normativa vigente, puede ser clasificada en tres temas: normativa orientada en la protección general del recurso hídrico, normativa enfocada en la restricción sobre el uso de agua y como fuente receptora de vertimientos y normativa que promueve el uso eficiente y ahorro del agua. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, las entidades encargadas del control no tienen la capacidad para hacer cumplir la normativa y también surgen cuestionamientos en cuánto a los criterios técnicos definidos en las normas, por ejemplo, el reporte de información de la actividad minera basados en tomas de muestras anuales o la falta de incentivos para promover el reúso del agua.

6.2.6 DISPONIBILIDAD HÍDRICA (CANTIDAD Y CALIDAD)

- Alta heterogeneidad de la oferta hídrica en el territorio colombiano
- Mala calidad del agua en las fuentes superficiales y subterráneas en las zonas donde se concentra la actividad minera

En Colombia ya se tienen identificadas a nivel de subzona hidrográfica, las cuencas que presentan restricciones por disponibilidad hídrica (IDEAM, 2015). Estas restricciones pueden afectar el desarrollo de la actividad ya sea porque se puede reducir la oferta hídrica o porque la calidad de las fuentes de abastecimiento implica tratamientos previos al proceso o tratamientos más costosos antes de hacer los vertimientos. Estas restricciones, deben motivar a las autoridades ambientales a aumentar el control y la eficiencia para determinadas actividades (menos cantidad de agua por unidad producida) y aumentar las restricciones asociadas a la calidad de los vertimientos, lo cual implica la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales.

6.2.7 ASPECTOS SOCIO CULTURALES

- Gran cantidad de usuarios informales y no asociados

Dentro de los factores identificados a nivel social se encuentran los aspectos socioculturales, los cuales a su vez inciden de gran manera en la conciencia que se tenga sobre el recurso hídrico, por ejemplo, en lugares donde la disponibilidad hídrica es alta y no se han presentado problemas de escasez, se tiene una percepción de abundancia del recurso y por ende de poca necesidad de conservarlo e implementar medidas para reducir su consumo, lo cual también se relaciona por el bajo costo del recurso, principalmente en áreas rurales.

La minería de oro y carbón es diversa a lo largo del territorio nacional, cada territorio tiene sus propias condiciones de extracción y beneficio no solo desde lo técnico sino también desde lo cultural, esto hace que las medidas a implementar en el uso eficiente del agua deban ir enfocadas en las condiciones culturales propias de cada territorio.

En el sector minero se presentan diferentes modos de producción, desde los pequeños extractores de minerales hasta las grandes empresas mineras, tanto formales como informales. Cada uno de estos contextos involucra diferencias en aspectos como las técnicas y métodos empleados. Así mismo, en escalas más pequeñas es probable la inexistencia de mediciones y control, lo cual impide el seguimiento a la productividad y eficiencia del agua y por ende la aplicación de estrategias para un mejor uso del recurso. Así mismo, no todos los sistemas productivos tienen acceso a información, capacitaciones y mejores y nuevas tecnologías. La principal problemática identificada en este aspecto es el alto número de extractores dispersos.

6.2.8 FORTALECIMIENTO TÉCNICO CIENTÍFICO DE LOS CENTROS DE INVESTIGACIÓN

- Falta de capacitación y formación de los mineros de subsistencia y los pequeños mineros

Un factor relevante es el fortalecimiento técnico-científico de las instituciones encargadas de los temas relacionados con la gestión del recurso hídrico, lo cual a su vez favorecería la capacitación y el control por parte de las autoridades competentes. Uno de los aspectos claves para mejorar la productividad del agua y el manejo de los vertimientos en el sector minero, es el acompañamiento que puedan realizar las entidades públicas principalmente a la mediana y pequeña minería en cuanto a la implementación de sistemas de uso eficiente del agua, procesos de producción más limpia y STAR, ya que por cuestiones culturales este tipo de minería tiene mayor grado de informalidad.

La inversión en investigación y desarrollo es uno de los principales factores para promover el crecimiento económico a largo plazo y es importante en el desempeño de las empresas. Para incrementar la eficiencia en el uso del agua, la productividad y la reducción de la contaminación no siempre se requiere de grandes inversiones económicas. Una adecuada gestión incluye cambios en la operación y manejo de los recursos y un conocimiento profundo de los procesos productivos, incluso en ocasiones, un simple cambio de actitud puede hacer la diferencia.

7. FACTORES QUE AFECTAN LA EFICIENCIA Y COBERTURA DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

7.1 RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

Según el ENA 2014, las principales fuentes de contaminación hídrica son las aguas residuales domésticas y las aguas residuales industriales principalmente del sacrificio de ganado, beneficio del café, vertimiento de mercurio por la minería y el uso de agroquímicos. El Plan Nacional de Desarrollo 2014 - 2018 “Todos por un nuevo país”, proyectó como meta para el año 2018 aumentar el porcentaje de agua residual urbana tratada pasando de 36,68% a 41,0% en dicho cuatrienio (DNP, 2014), esto implica, la construcción de nuevas plantas de tratamiento, optimización de las plantas actuales y planes de inversión en saneamiento, lo que permitiría mejorar la calidad del agua de las fuentes receptoras.

Para el año 2013, en Colombia, 492 municipios contaban con sistemas de tratamiento de aguas residuales (STAR), lo que equivale a tan solo el 44% del total de los municipios (1.122 municipios registrados en el DANE en 2012), mientras que en el sector industrial, según el RUA (2016) sólo el 33,5% de industrias (de una muestra de 2.830) reportan que realizan algún tipo de tratamiento a las aguas residuales y de las 1.883 que no realizan ningún tipo de tratamiento a sus aguas residuales 308 industrias realizan vertimientos directos a cuerpos de agua superficial y las demás a sistemas de alcantarillados públicos o privados incrementando la carga contaminante de la actividad doméstica. Lo anterior evidencia una grave problemática de saneamiento, manejo de vertimientos y calidad del agua de las fuentes receptoras.

El 72,8% de los sistemas de tratamiento de agua residual urbana en Colombia y el 28,9% de los STAR industriales, sólo realizan tratamiento primario o secundario es decir que, en el país, los sistemas de tratamiento urbanos son diseñados principalmente para la remoción de materia orgánica como DBO₅ y SST y no para la remoción de nutrientes ni otros elementos como los metales pesados o compuestos persistentes. Lo cual puede deberse a que, el principal instrumento de control que realizan las Autoridades Ambientales sobre los vertimientos puntuales es a través de la tasa retributiva⁴⁶, en la cual sólo se realiza un cobro por remoción de materia orgánica (DBO) y SST.

A continuación, se presentan los factores que afectan la eficiencia y cobertura de los sistemas de tratamiento de agua residual en Colombia.

⁴⁶ La tasa retributiva por vertimientos puntuales fue creada por el Decreto – Ley 2811 de 1974 y en el tiempo ha tenido modificaciones importantes hasta llegar al Decreto 2667 de 2012 vigente hasta el día de hoy

7.2 PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTAN LA COBERTURA DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

A continuación, se presentan los principales factores identificados que afectan los problemas de cobertura.

- Según el Decreto 475 de 1998, los sistemas de tratamiento de aguas residuales se encuentran en un nivel inferior de prioridad, después del suministro de agua potable, la recolección y disposición de aguas residuales (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000). Lo que es coherente con el orden de los componentes de los sistemas de acueducto y alcantarillado, desde la captación, hasta la disposición de agua residual.
- De las veinticinco ciudades colombianas que en 2035 tendrán más de 300.000 habitantes, 12 no cuentan con sistemas de tratamiento de agua residual; por tanto, los esfuerzos del gobierno nacional deben enfocarse a estas ciudades, con lo cual se lograría el tratamiento del 63% de las aguas residuales en Colombia (DNP (n.d.)).
- La cobertura, además de ser afectada por la falta de construcción de PTAR, se ve afectada por las PTAR construidas que no funcionan o no operan a su capacidad de diseño. El DNP, a partir de datos de la SSPD reporta que el 63% de las 622 plantas de tratamiento de aguas residuales existentes se encuentran operando (DNP (n.d.)).
- Las principales fuentes de financiación del sector son Sistema General de Participaciones, Regalías, Presupuesto General de la Nación y las tarifas. Estas últimas representan el 31% del total de los recursos financieros del sector. Si bien estas fuentes pueden destinarse al tratamiento de aguas residuales, no hay una fuente de destino exclusivo y la responsabilidad de las inversiones se encuentra diluida entre las administraciones municipales, los prestadores de servicios públicos y las autoridades ambientales, quienes de acuerdo con su disponibilidad de recursos y priorización de actividades deciden realizar inversiones en ocasiones de manera desarticulada y perdiendo de vista la sostenibilidad de la operación de la infraestructura.
- Las campañas para el uso eficiente del agua potable han contribuido a reducir los caudales de acueducto y, por tanto, de las aguas residuales que llegan a los sistemas de tratamiento (DNP, n.d.).

7.2.1 PRIORIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

En Colombia, según el Decreto 475 de 1998, **la priorización de los sistemas de tratamiento de aguas residuales se encuentra en un nivel inferior de prioridad** y se le da prioridad primero al suministro de agua potable, seguido de la recolección y disposición de aguas residuales (sistemas de alcantarillado), posterior a la disposición y recolección de residuos sólidos y finalmente a los sistemas de tratamiento de AR (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000). Lo anterior ha generado que los prestadores del servicio público den prioridad a proyectos de inversión para aumentar la cobertura de agua potable y de alcantarillado a valores superiores del 85% (nivel de complejidad Alto) y 95% (nivel de complejidad Bajo) de agua potable y de 70% (nivel de complejidad Alto) y 85% (nivel de complejidad Bajo) para alcantarillado.

De las veinticinco ciudades colombianas que a 2035 tendrán más de 300.000 habitantes, 12 no cuentan con sistema de tratamiento de agua residual en ejecución o finalizado; por lo tanto, **los esfuerzos del gobierno nacional deben enfocarse a la solución de las necesidades de tratamiento de agua residual en**

estas ciudades, con lo cual se lograría el tratamiento del 63% de las aguas residuales en Colombia. El 63% de las 622 plantas de tratamiento de aguas residuales existentes se encuentran operando (DNP (n.d.).

Se deben desarrollar e implantar sistemas administrativos, financieros y tecnológicos que respondan adecuadamente a las necesidades y limitaciones de los usuarios locales, ya que generalmente se han utilizado tecnologías extranjeras que han presentado limitaciones por requerir montos de inversión y operación muy elevados, además de incrementar la dependencia tecnológica. Actualmente la diversidad de tecnologías de tratamiento dificulta la evaluación y selección del sistema de tratamiento más adecuado para cada caso específico, sin embargo, uno de los criterios a considerar es que el mejor tren de tratamiento será aquel que con el menor costo y la menor complejidad, alcance el nivel de calidad de agua requerido para su descarga al medio natural o para su reúso (Noyola, 2003).

7.2.2 FINANCIACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

La mayoría de los sistemas de tratamiento de aguas residuales que entraron en operación requirieron operaciones de financiación por parte de la banca multilateral; así mismo, dada la estructura tarifaria definida a través de la Resolución CRA 287 de 2004 vigente hasta 2014, los costos asociados a la inversión y operación de estos sistemas se involucraron en la tarifa de prestación del servicio de alcantarillado, incrementando los valores pagados por este concepto dependiendo de cómo se hubiera realizado la transacción de construcción del sistema (DNP, n.d.).

En Colombia, las principales fuentes de financiación del sector son Sistema General de Participaciones, Regalías, Presupuesto General de la Nación y las tarifas. Esta última representa el 31% del total de los recursos financieros del sector. Actualmente, si bien hay fuentes y entidades que propenden por el tratamiento de aguas residuales en Colombia; no hay una fuente de destino exclusivo y la responsabilidad se encuentra diluida entre las administraciones municipales, los prestadores de servicios públicos y las autoridades ambientales, quienes de acuerdo con su disponibilidad de recursos y priorización de actividades deciden realizar inversiones en ocasiones de manera desarticulada y perdiendo de vista la sostenibilidad de la infraestructura en la medida que el tratamiento sea efectivo en su objetivo de evitar la contaminación de las fuentes hídricas.

Sin embargo, en el informe “Documento Plan Director de Agua Residuales” elaborado por el DNP (n.d.) se identificó que a pesar que las ciudades del país han contado con recursos que permitieran la superación de las principales necesidades de infraestructura (redes de agua potable y saneamiento básico, entre otros) *“aún persiste un retraso en las inversiones efectuadas con una tasa promedio de inversión per cápita que crece menos que el ingreso per cápita y que los recaudos tributarios per cápita. Esta situación se refleja en que las ciudades pequeñas e intermedias presentan mayores rezagos en infraestructura y equipamientos que las grandes, fenómeno ligado también a su limitada capacidad institucional, y, de otra parte, a la rigidez del modelo actual de transferencias.”* (DNP, n.d.).

También se han realizado esfuerzos regionales y locales para la construcción de infraestructura necesaria para mitigar la contaminación hídrica. Sin embargo, estos han sido limitados porque las Autoridades Ambientales Regionales⁴⁷ (AAR) y los municipios, no han contado con las herramientas suficientes para desarrollar programas y proyectos de manejo y tratamiento de aguas residuales (PNMAR, 2004)

⁴⁷ Corporaciones autónomas regionales, Corporaciones para el Desarrollo Sostenible y Autoridades Ambientales de los Grandes Centros Urbanos

Dados los altos costos que implican los sistemas de tratamiento de aguas residuales en los cuales se incluyen el sistema de colectores y las plantas de tratamiento, **surge como alternativa para su financiamiento las Asociaciones Público Privadas - APP**, las cuales se impulsan desde el Plan de Desarrollo 2014 – 2018, y su aplicación fue reglamentada a partir de la Ley 1508 de 2012 y el Decreto 063 de 2015⁴⁸ para facilitar el uso del esquema de APP en la construcción, operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Sin embargo, aún **se requiere un adecuado control institucional de vertimientos y el tratamiento de agua residual en condiciones de eficiencia y sostenibilidad**, ya que, si bien pueden existir sistemas de tratamiento de agua residual, es necesario que se controle la eficiencia del tratamiento, así como las condiciones del agua residual vertida a los cuerpos receptores.

7.2.3 POLÍTICAS DE PROTECCIÓN DE CUENCAS Y CAMPAÑAS DE USO RACIONAL DEL AGUA

Desde que el Gobierno Nacional dio inicio a su política de protección de cuencas⁴⁹, se ha observado una leve evolución en las aguas residuales que son sometidas a algún tipo de tratamiento (Figura 31), no obstante, en 2013 se observó un decrecimiento en el tratamiento de las mismas, ocasionado por factores como el fenómeno del niño al que se vio expuesto el país durante ese año.

De otra parte, factores como el uso racional del agua, campañas impulsadas desde el gobierno nacional han repercutido en el manejo y uso que la población le da al agua potable, y que ocasiona que el caudal de las aguas residuales que llegan a los sistemas de tratamiento sea menor (DNP, n.d.)

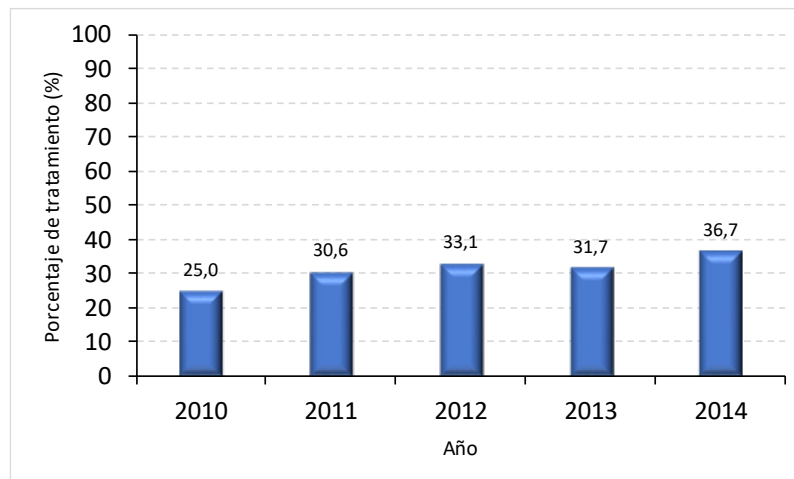


Figura 31. Porcentaje de tratamiento de agua residual municipal desde el año 2010 a 2014 en Colombia.

Fuente: Elaboración propia a partir de (DNP, n.d.)

⁴⁸ Ley 1508 de 2012, “Por la cual se establece el régimen jurídico de las Asociaciones Publico Privadas, se dictan normas orgánicas de presupuesto y se dictan otras disposiciones.” y el Decreto 063 de 2015 “Por el cual se reglamentan las particularidades para la implementación de las Asociaciones Publico Privadas en el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.

⁴⁹ Decreto 1729 de 2002 (modificado por el Decreto 1640 de 2012), por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos.

7.3 PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTAN LA EFICIENCIA DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

A continuación, se presentan los principales factores identificados que afectan la eficiencia de las PTAR.

- El desconocimiento del arranque de las PTAR puede generar daños en los procesos biológicos y en los equipos hidráulicos, lo que representa mayores costos de mantenimiento. Convencionalmente en Colombia, el proceso de arranque de las plantas de tratamiento ha sido relegado, dejando a un lado su importancia e impactando directamente sobre el adecuado funcionamiento del proceso, donde operarios sin capacitación asumen el control total de un sistema de tratamiento.
- La insuficiente capacitación de los operarios de las PTAR para su correcta operación lleva a fallas en los sistemas, consumos de reactivos innecesarios y bajas eficiencias de operación de los procesos.
- Es fundamental realizar la caracterización del agua residual y a partir de ésta plantear la alternativa de tratamiento más eficiente. En Colombia, las alternativas de tratamiento más utilizadas para las aguas residuales domésticas han sido los reactores anaerobios y las lagunas de oxidación, esto asociado a los bajos costos de instalación. No obstante, los sistemas anaerobios operan eficientemente con cargas altas de materia orgánica, situación que no es propia del agua residual doméstica. En cuanto a las lagunas de oxidación, es necesario que los pretratamientos reduzcan los sólidos y las grasas, para que no ocasionen obstrucciones en las lagunas y no disminuyan la capacidad receptora de éstas por acumulación de lodos en el fondo.
- Lo anterior refleja que en Colombia, la selección de los trenes de tratamiento para las aguas residuales está basada en primera instancia en los costos asociados al diseño e instalación, pero pocas veces se evalúa el costo asociado a las fallas que se presentan posteriormente, lo que en muchas situaciones representa inversiones aún mayores que el mismo costo inicial de la planta de tratamiento.
- En Colombia, los sistemas de tratamiento de aguas residuales convencionales han sido usados durante años; mientras en países europeos prevalecen reactores anaerobios de tercera generación (EGSB o IC®), en Colombia todavía se emplean de manera extensiva los reactores de primera generación (Tanques sépticos, sistemas Imhoff) o sistemas de segunda generación como los reactores UASB.

7.3.1 DESCONOCIMIENTO EN EL ARRANQUE DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO

El proceso de arranque de una PTAR es un factor fundamental para el éxito de ésta, más aun, cuando la planta de tratamiento es de tipo biológica, lo que incluye un proceso de aclimatación y estabilización de los microorganismos a emplear. El arranque de una PTAR es un proceso lento, en el cual una carga mínima de agua residual es ingresada con el objetivo de evaluar el funcionamiento de cada unidad. En el caso de tratamientos secundarios biológicos, las bajas cargas suministradas permiten a los microorganismos aclimatarse al nuevo sustrato y generar un crecimiento poblacional adecuado. En el caso de tratamientos secundarios fisicoquímicos, las bajas cargas permiten estandarizar las cantidades adecuadas de reactivos. A medida que se alcanzan eficiencias óptimas la carga se incrementa progresivamente y de esta manera se asegura un control total sobre el proceso.

Convencionalmente en Colombia, el proceso de arranque de las plantas de tratamiento ha sido relegado, dejando a un lado su importancia e impactando directamente sobre el adecuado funcionamiento del proceso, donde operarios sin capacitación previa asumen el control total de un sistema de tratamiento.

En muchas situaciones, el arranque de la planta lo realizan ingresando la carga máxima, presionando al sistema a trabajar bajo las condiciones extremas, esto trae como consecuencia; muerte celular en las bacterias ya que no están aclimatadas al nuevo sustrato, disminución en el pH debido a la generación de ácidos grasos volátiles (AGVs) en el caso de reactores anaerobios, lo que inactiva las arqueas metanogénicas, las cuales son las finales responsables de transformar la materia orgánica de bajo peso en metano. Deterioro de las bombas cuando se cuenta con estaciones de bombeo, obstrucción y colmatación de los sistemas ya que no se tienen estandarizados los tiempos adecuados de mantenimiento, consumo excesivo de reactivos debido a la falta de estandarización en las dosificaciones.

El arranque progresivo de las plantas de tratamiento permite, además, corregir fallos en el proceso o diseño y optar por acciones de mejora. Finalmente, años atrás, las plantas de tratamiento biológicas se arrancaban con estiércol o simplemente sin inóculo retrasando aún más el proceso de arranque de la planta. Actualmente, los estudios han demostrado que inocular los reactores con lodo proveniente de otras plantas de tratamiento, incrementa las eficiencias y disminuye los tiempos de aclimatación de los microorganismos al proceso (UNESCO-IHE Institute for Water Education, 2009), sin embargo, algunas plantas prefieren continuar con teorías antiguas y no inocular los reactores o emplear estiércol, lo cual genera en muchas situaciones obstrucciones en las demás unidades, malos olores y bajas eficiencias.

7.3.2 PERSONAL NO CAPACITADO PARA OPERAR LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO

Los operarios requieren un conocimiento específico sobre la planta de tratamiento que van a operar, cada sistema de tratamiento debe ser monitoreado a partir de diferentes parámetros, no solamente se requiere el mantenimiento físico frecuente de cada una de las unidades de tratamiento, sino que también es necesario hacer mediciones *in situ* que garanticen el correcto funcionamiento de los sistemas; mediciones tales como el pH, medición de caudal y alcalinidad (fundamentalmente en sistemas de tratamiento anaerobios) son la base de los procesos de tratamiento y permiten garantizar en el caso de los reactores biológicos la operación de las bacterias. La mayoría de los operarios, tienen el conocimiento para realizar el mantenimiento de las plantas, sin embargo, temas relacionados con mediciones fisicoquímicas, purgas de lodos, toma de muestras y operación de bombas, son cruciales y muchas veces son ignorados por los operadores de las plantas debido a que, en muchos casos, no cuentan con una formación profesional para realizarlo adecuadamente, lo que lleva a fallas en los sistemas, consumos de reactivos innecesarios y bajas eficiencias de operación de los procesos.

7.3.3 INADECUADA SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO PARA EL TIPO DE AGUA A TRATAR

Todas las aguas residuales tienen características particulares, por lo tanto, es fundamental realizar la caracterización adecuada y a partir de ésta plantear la alternativa de tratamiento más eficiente. Históricamente **en Colombia, la alternativa de tratamiento más común para las aguas residuales domésticas han sido los reactores anaerobios y las lagunas de oxidación, esto asociado a los bajos costos de instalación**, ya que son alternativas que no requieren aireación, **sin embargo, los sistemas anaerobios suelen operar eficientemente con cargas altas de materia orgánica, situación que no es propia del agua residual doméstica**. En cuanto a las lagunas de estabilización, los pretratamientos deben ser capaces de reducir los sólidos y las grasas, de tal manera que no ocasionen obstrucciones en las lagunas y no disminuyan la capacidad receptora de éstas por acumulación de lodos en el fondo.

Este panorama, muestra que, **en Colombia, la decisión de proponer un tren de tratamiento para las aguas residuales está basada en primera instancia en los costos asociados al diseño e instalación, pero pocas**

veces se evalúa el costo asociado a las fallas que se presentan posteriormente, lo que en muchas situaciones representa inversiones aún mayores que el mismo costo inicial de la planta de tratamiento.

7.3.4 SISTEMAS DE TRATAMIENTO OBSOLETOS

La innovación tecnológica y los avances en la investigación han permitido realizar modificaciones a los procesos de tratamiento convencionales, de esta manera, por ejemplo, los reactores anaerobios convencionales de tipo UASB, han llegado a modificaciones de reactores de circulación interna – IC® (por sus siglas en inglés) o reactores de manto de lodo granular expandido – EGSB (por sus siglas en inglés), permitiendo alcanzar eficiencias de remoción mayores al 90%. De otro lado los reactores aerobios como los lodos activados han migrado a sistemas como por ejemplo los SBR que permiten la remoción conjunta de materias orgánicas y nutrientes dentro del mismo reactor. En la Figura 32 se muestra un ejemplo de cómo en Estados Unidos se evidenció un mayor aumento de los sistemas IC® y una disminución en los sistemas UASB entre los años 2002 a 2007 respecto a lo presentado entre los años 1981 a 2007 para tratar las aguas residuales industriales (UNESCO-IHE Institute for Water Education, 2009).

En Colombia, los sistemas de tratamiento de aguas residuales convencionales han sido usados durante años, de hecho, en países europeos donde actualmente prevalecen reactores anaerobios de tercera generación (EGSB o IC®), **en Colombia todavía empleamos de manera extensiva los reactores de primera generación (Tanques sépticos, sistemas Imhoff) o sistemas de segunda generación como los reactores UASB.** Por esto la inversión en procesos tecnológicos para el tratamiento de las aguas es indispensable para asegurar una calidad de las aguas óptimas y un mejor manejo y disposición de los vertimientos.

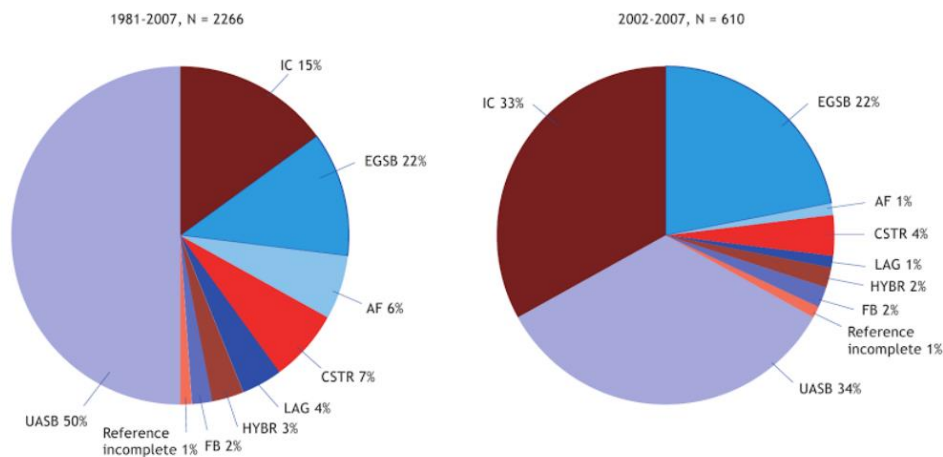


Figura 32. Implementación de tecnologías anaerobias para agua residual industrial entre los periodos 1981 a 2007 (izquierda) y 2002 a 2007 (derecha).

Fuente: (UNESCO-IHE Institute for Water Education, 2009)

7.3.5 NORMATIVIDAD Y FALTA DE SANCIONES MÁS ERICTAS

En tema de aguas residuales el país ha sufrido un retraso importante, la normatividad de residuos líquidos que inicialmente fue el Decreto 1594 de 1984 y que actualmente fue derogada por la Resolución 631/2015, si bien es importante señalar que el cambio favoreció en algunos aspectos, como por ejemplo un cumplimiento en términos de concentración y una caracterización en términos del tipo de sector industrial o doméstico. De esta manera los instrumentos de control siguen siendo laxos y no permiten que las plantas de tratamiento migren a sistemas más tecnológicos y eficientes.

8. REFERENCIAS

- ADR. (2017). *Especificaciones técnicas generales para proyectos y distritos de adecuación de tierras*. Bogota D.C.
- Alata Olivares, N. (2005). *Efecto de la adopción del riego por goteo en maíz forrajero sobre la gerencia de empresas agropecuarias en la irrigación majes*.
- AMVA - UPB. (2010). *Guía Metodológica para determinar Módulos de consumo y factores de vertimiento de agua*.
- Andrade, G. I., & Castro, L. G. (2012). Degradación, pérdida y transformación de la biodiversidad continental en Colombia Invitación a una interpretación socioecológica. *Ambiente Y Desarrollo*, 16(30), 53–54. <http://doi.org/10.11144/3196>
- Arevalo, A. (2017). *Análisis de información técnica y cartográfica para identificar zonas prioritarias para aumentar la productividad del uso del agua en los principales sectores usuarios*. Bogota D.C.
- Baumann, J. (2013). More crop per drop. *ArcUser*, 16(1), 12–13.
- Bermúdez, L. T., Páez, A. F., & Rodríguez, L. F. (2010). Impactos socioeconómicos y ambientales del proyecto de riego y drenaje del Valle del Alto Chicamocha y Firavitoba, Boyacá (Colombia). *Agronomía Colombiana*, 28(2), 337–344.
- BID. (2010). *Ciencia Tecnología E Innovación En América Latina Y El Caribe: Un compendio estadístico de indicadores*, 21.
- Casas F, A. M. (2012). Estimación del consumo requerido de agua para un subsector del sector agroalimentario de la ciudad de Bogotá, 83–84.
- Centro de Estudios de Derecho Justicia y Sociedad. (2016). *La restitución de tierras y territorios*. Bogotá D.C.
- CEPAL. (2005). *Políticas e instrumentos para mejorar la gestión ambiental de las pymes en Colombia y promover su oferta en materia de bienes y servicios ambientales*. Medio Ambiente y Desarrollo.
- CEPAL. (2011). *Lineamientos de política pública para el sector de agua potable y saneamiento*.
- CEPAL, & DNP. (2014). *Diagnóstico y prospectiva de la adecuación de tierras en Colombia*. Bogotá D.C.
- Chará, J., Pedraza, G., Giraldo, L., & Hincapié, D. (2007). Efecto de los corredores ribereños sobre el estado de quebradas en la zona ganadera. *Agroforestería En Las Américas*.
- CNPML. (2000). *Producción Más Limpia en Colombia, Conceptos sobre motivaciones y obstáculos para su implementación en Colombia*. Centro Nacional de Produccion Mas Limpia, 12.
- CNPML. (2002). *Casos de aplicación de producción más limpia en Colombia*.
- Comisión Nacional del Agua. (2008). *Programa Nacional Hídrico, 2007-2012*.
- CORPOICA. (2015). *Misión para la transformación del campo. Diagnóstico Ciencia,Tecnología e Innovación en el Sector Agropecuario*.
- CRA. (2013). *Nivel de pérdidas aceptable para el cálculo de los costos de prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado*. Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. Bogotá D.C., Colombia.
- CRA, & Minvivienda. (2013). *Nivel de pérdidas aceptable para el cálculo de los costos de prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado*, 50.

- CTA, GSI-LAC, & UPRA. (2017). *Propuesta metodológica para la zonificación de requerimientos hídricos por cultivo*. Medellín.
- CTA, IDEAM, COSUDE, & GSI-LAC. (2015). *Evaluación multisectorial de la huella hídrica en Colombia. Resultados por subzonas hidrográficas en el marco del Estudio Nacional del Agua 2014*. Medellín.
- DANE. (2012, October). La estructura de la producción de carne bovina en Colombia. *Boletín Mensual Insumos Y Factores ASociados a La Producción Agropecuaria*, 1–7.
- DANE. (2016a). Investigación de educación formal.
- DANE. (2016b). *Tercer Censo Nacional Agropecuario. Hay campo para todos. La mayor operación estadística del campo colombiano en los últimos 45 años. Tomo 2. Resultados*. (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Ed.). Bogotá D.C.
- DANE. (2014). Tercer censo nacional agropecuario.
- DANE, D. A. N. de E., & IDEAM, I. de H. M. y E. A. (2015). *Hacia la construcción de la cuenta del agua a nivel nacional*. Bogotá D.C.
- DDU-SAS-DNP. (n.d.). No Title.
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), & VAG-Armaturen GmbH. (2011). Guía para la reducción de las pérdidas de agua.
- DNP. (n.d.). *Plan Director de Aguas Residuales en Colombia. Departamento Nacional de Planeación*. Bogotá D.C.
- DNP. (2014). *Misión para la transformación del campo - Diagnóstico de la institucionalidad pública en el sector agropecuario*. Bogotá D.C.
- DNP. (2016). *Evaluación del Programa Nacional de Adecuación de Tierras (PRONAT)*. Bogotá D.C.
- DNP, BID, C. (2014). *Impactos Económicos del Cambio climático en Colombia* (Vol. 1). <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- DNP, Fedesarrollo, & Instituto Global de Crecimiento Verde Colombia. (2017). *Evaluación de potencial de Crecimiento Verde para Colombia. Dialógo para la identificación del potencial de Crecimiento Verde*. Bogotá D.C.
- DNP, & MAVDT. (2005). Documento Conpes 3383 - Plan de Desarrollo del Sector de Acueducto y Alcantarillado. *Documento Conpes 3383*, 25.
- DNP, MVCT, MHCP, MADR, MADS, MSPS, & DPS. (2014). Documento Conpes 3810 - POLÍTICA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO EN LA ZONA RURAL, 1–46.
- Duarte, E. (2011). Uso del Agua en establecimientos agropecuarios. Planificación del sistema de abrevadero. *Revista Plan Agropecuario*, 140(Parte II), 38–43.
- Ecosimple. (2014). PROPUESTA DE AJUSTE DE TARIFAS MÍNIMAS DE LA TASA POR UTILIZACIÓN DE AGUA.
- FAO. (2006). Livestock's long shadow - environmental issues and options. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. <http://doi.org/10.1007/s10666-008-9149-3>
- FAO. (2013). *La fauna silvestre en un clima cambiante*. (N. Kaeslin, Edgar; Redmond, Ian; Dudley, Ed.) *Fao*. Roma.
- FAO. (2017). *Consumo de fertilizantes (kilogramos por hectárea de tierras cultivables)*.
- Figuerola, D. (2015). Colombia: incentivos tributarios para empresas que practican la Sostenibilidad.

- FONADE; IDEAM; BID. (2013). Efectos del cambio climático en el rendimiento de tres cultivos mediante el uso del Modelo AquaCrop, (2130628).
- FONADE, & IDEAM. (2013). Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de cultivos por sector. *Cambios Climáticos*, 0–49.
- Galindo Salazar, D. C. (2014). Herramientas para el estudio de la incertidumbre asociada a la estimación del balance hídrico en el sistema de acueducto de la ciudad de Bogotá.
- García, E. (2014). Agricultura de Precisión. *C & T Universidad de Palermo*, 1(1), 99–116.
- García, M. (n.d.). Eficiencia del Riego.
- Hespanhol, I. (n.d.). POTENCIAL DE REUSO DE ÁGUA NO BRASIL -AGRICULTURA, INDUSTRIA, MUNICIPIOS, RECARGA DE ACUÍFEROS.
- ICA. (2016). *Censo Pecuário Nacional*. Bogotá D.C.
- IDEAM. (2015). *Estudio Nacional del Agua - ENA, 2014*. Bogotá D.C.
- INAT. (2003). *Guía ambiental para la construcción y operación de proyectos de adecuación de tierras (distritos de riego y/o drenaje)*. Bogotá D.C.
- Jarquín, J. M. (2012). Efectos Del Cambio Climático En La Seguridad Alimentaria Y La Productividad Agrícola. *Desarrollo Local Sostenible*, 5(15), 1–17.
- Jurado Alvaradán, C. (2014). Enfoques de extensión rural en programas profesionales agropecuarios : comprensión de imaginarios desde la voz de sus actores universitarios, 338.
- La Oficina del Alto Comisionado para La Paz. (2016). *El Acuerdo Final de Paz*. Bogotá D.C.
- Lizarazo Becerra, J. M., & Orjuela Gutiérrez, M. I. (2013). Sistemas De Plantas De Tratamiento De Aguas Residuales En Colombia, 82.
- López Hernández, D. (2012). Disponibilidad de alimentos básicos en Colombia 2000-2010 : ¿ producción nacional o importaciones ? *Universidad Nacional de Colombia*, 74.
- MADS. (2014). *Propuesta de Ajuste de Tarifas Mínimas de la Tasa por Utilización de Agua*.
- MADS. (2017). Decreto 1155 de 2017.
- MADS, & ANDESCO. (2013). Pacto por el uso eficiente y ahorro del agua. Resultados año 2013 y plan de trabajo 2014. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- MADS, MHCP, & COLCIENCIAS. (2013). *Estudio sobre la efectividad de impuestos, tasas, contribuciones y demás gravámenes existentes para la preservación y protección del ambiente , así como de la identificación y viabilidad de nuevos tributos por la emisión de efluentes líquidos , gases cont.*
- Mafla, E., Cabezas, D., & Carrasco, F. (2002). El riego, la producción y el mercado. In *Programa de capacitación a promotoras y promotores campesinos* (p. 195). Quito.
- MAVDT, & DNP. (2007). Documento Conpes 3463 - PLANES DEPARTAMENTALES DE AGUA Y SANEAMIENTO PARA EL MANEJO EMPRESARIAL DE LOS SERVICIOS DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO MINISTERIO.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2015). Manual del Cálculo de Eficiencia para Sistemas de Riego.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Propuesta de Ajuste de Tarifas Mínimas de la Tasa por Utilización de Agua*.

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MinAmbiente. (2010). *Decreto 3930 de 2010. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo 11 del Título VI-Parte 11I- Libro 11 del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones*. Colombia, Colombia.
- Ministerio de Desarrollo Económico. (2000). Reglamento del sector de agua potable y saneamiento básico. RAS 2000. Título A. Aspectos generales de los sistemas de agua potable y saneamiento básico. Bogotá D.C.
- Minvivienda. (2014). Guía de orientaciones para el uso y destinación de los recursos del Sistema General de Participaciones para agua potable y saneamiento básico (subsídios e inversiones).
- Monteza, C., Monge, F., & Aliaga, J. (2012). ¿Pueden las Empresas Prestadoras de Servicios Públicos Comercializar Agua Residual Tratada? *Derecho Y Sociedad*, 125–133.
- Núñez, A. (2015). *Manual del cálculo de eficiencia para sistemas de riego*. Lima.
- OCDE. (2016). Educación en Colombia. Aspectos Destacados, 16.
- Ortega B., R., & Flores M., L. (2000). Agricultura de precisión: Introducción al manejo sitio-específico. *Informaciones Agronómicas Del Cono Sur*, 7, 1–5.
- Oxfam. (2017). Radiografía de la desigualdad lo que nos dice el último censo agropecuario sobre la distribución de la tierra en Colombia.
- Parga, J. (2015). *Utilización de praderas y manejo de pastoreo con vacas lecheras*.
- Pazos Galindo, L. A. (2015). *Imperativos constitucionales y gestión del gasto público colombiano*.
- Pérez Martínez, M. E. (2004). La conformación territorial en Colombia: entre el conflicto, el desarrollo y el destierro. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, (51), 61–90.
- Presidencia de la República de Colombia. Ley 14 de 1983 (1983).
- Presidencia de la República de Colombia. Ley 373 de 1997 (1997).
- Presidencia de la República de Colombia. Ley 1607 de 2012 (2012).
- PROCISUR. (2014). *Manual de agricultura de precisión*. Montevideo.
- Red Nacional de acueductos comunitarios. (2016). Observaciones al proyecto de decreto: esquemas diferenciales en zonas rurales para los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo.
- Romero Álvarez, Y. (2011). Incidencia del PIB agropecuario en el PIB nacional. Evolución y transformación. *Gestión Y Desarrollo*, 8(2), 49–60.
- SAC. (2017). LA MICROMEDICIÓN UNADISPOSICIÓN NECESARIA PARA ALCANZAR EL IDEAL DE AHORRO Y CONSUMO RESPONSABLE EN EL AGUA.
- Sáenz, J. (2016). Estudian revolcón en sector de agua potable. *El Espectador*.
- Salinas Ramírez, J. M. (2011). Retos a futuro en el sector de acueducto y alcantarillado en Colombia, 31.
- Secretaría Distrital de Ambiente, & Alcaldía Mayor de Bogotá. (2015). Boletín del Programa Gestión Ambiental Empresarial, 5.
- Sociedad de Agricultores de Colombia - SAC. (2002). Guía ambiental para el subsector porcícola. Bogotá D.C.
- SSPD. (2014). Informe Sectorial Pequeños Prestadores.
- SSPD. (2015). *Informe sectorial de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado*. Grandes

prestadores. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

UNESCO-IHE Institute for Water Education. (2009). *Biological Wastewater Treatment Online Course: Principles, Modeling and Design.*

UNGRD. (2016). *Fenómeno El Niño: Análisis Comparativo 1997-1998//2014-2016.*

Unicef. (2006). El agua potable y el saneamiento básico en los planes de desarrollo. *La Infancia, El Agua Y El Saneamiento Básico En Los Planes de Desarrollo Departamentales Y Municipales.*, 31–56.

UNIDO. (2007). Technology Foresight Summit 2007 Main Report, (September), 38.

UPRA. (2015a). Distritos de adecuación de tierras - Sistema de Información para la Planificación Rural Agropecuaria – SIPRA. Bogotá D.C.

UPRA. (2015b). *Gestión del Territorio para Usos Agropecuarios (GESTUA) - Bases para la formulación de política pública.* Bogota D.C.

UPRA. (2015c). *Proyectos de Adecuación de Tierras - Guía para Preinversión en Proyectos de Adecuación de Tierras.* (Imprenta Nacional, Ed.). Bogotá D.C.

Urrutia Cobo, N. (2006). *Sustainable management after irrigation system transfer - Experiences in Colombia – The RUT Irrigation District.* Wageningen University.

USAID. (2016). *Análisis sectorial del agua.*

Vélez Londoño, E. (2013). EFICIENCIA EN LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EN ANTIOQUIA : SECTOR PÚBLICO Y PRIVADO.

WWAP. (2006). *Water: A Shared Responsibility. Water Resources.* <http://doi.org/10.7748/nm.21.4.12.s12>

WWAP, U. N. W. W. A. P. (2016). *The United Nations World Water Development Report 2016 - Waters and Jobs.*