

Imprimir

## 1. Breve Síntesis

Desde hace varios años, capitales importantes del mundo han presentado crisis o riesgos severos en el abastecimiento del agua que plantean alarmas profundas acerca del futuro; Ciudad del Cabo, Sao Paulo, Bangalore, Yakarta, Miami, Nueva York, Pekin, Yakarta, El Cairo, Moscú, Estambul, Ciudad de México, Londres, Tokyo y ahora Bogotá. Desde el 11 de abril de 2024, la Alcaldía de Bogotá estableció restricciones al servicio de agua por turnos, buscando superar la crisis de abastecimiento en las fuentes hídricas por el bajo nivel de los embalses. El sistema de abastecimiento de agua potable de Bogotá, de los municipios aledaños y de la sabana, está dividido en tres sistemas con un total de ocho embalses. Este sistema alimenta a Bogotá (EAAB - ESP) y las redes de varios municipios, con una demanda de más de 10 millones de personas y patrones de alto consumo en comparación con patrones internacionales. La red de agua potable está compuesta por los embalses Tominé y Neusa, que hacen parte del Sistema Norte; Chuza y San Rafael, que integran el Sistema Chingaza; y Tunjos, Chisacá, así como La Regadera, que conforman el Sistema Sur. El Sistema Norte proporciona el 25 %, el Sistema Chingaza aporta el 70 % y el Sistema Sur, el 5 %.

Desde junio de 2023, el país y la región de la sabana, han atravesado largas semanas sin lluvias debido al impacto del fenómeno de El Niño. La escasez de lluvias en las zonas de influencia que abastecen de agua a los embalses de la capital y los municipios aledaños ha afectado principalmente los embalses de Chuza y San Rafael, que hacen parte del Sistema Chingaza que aporta el 70 % del agua potable; en abril de 2024, el almacenamiento en los embalses apenas llegaba a un 54,23% en el Sistema Norte; 44,34% en el Sistema Sur y en un 16,97% el Sistema Chingaza para un total de volumen del sistema de 45,17%.

La temporada del fenómeno de El Niño, que comenzó a finales del 2023 y se extendió hasta finales de abril de 2024, con clima seco y cambio en los vientos, causó una drástica reducción de las lluvias en el país y una severa disminución en los embalses, tanto en los de abastecimiento de agua como en los de generación eléctrica.

Entre diciembre de 2023 y marzo de 2024, 273 municipios de 24 departamentos

registraron desabastecimiento de agua y se vieron obligados a pedir apoyo al Gobierno Nacional para enfrentar la crisis. Desde el jueves 11 de abril, en Bogotá se estableció un racionamiento de agua alternado cada 24 horas para reducir en dos metros cúbicos el consumo del recurso, lo que representa “un problema estructural de años”, según el exalcalde y actual presidente Gustavo Petro.

Al menos 6 de cada 10 embalses de energía hidroeléctrica registraron mínimos históricos. Para el cierre de marzo, su capacidad útil —porcentaje almacenado en los embalses para generar energía— fue de 31,51%, el dato más bajo en los últimos 40 años. Se trató del undécimo mes consecutivo con aportes deficitarios. Para el 18 de abril, el porcentaje bajó a 28,56%, con solo 0,93% de diferencia de la senda de referencia — el nivel mínimo requerido para atender la demanda de energía. En condiciones normales, las hidroeléctricas producen cerca del 70% de la electricidad que se consume en el país. Para marzo, el promedio acumulado estaba en 45,43%, según datos de XM[1]. El Ministerio de Minas emitió una circular a mediados de abril instruyendo a las plantas térmicas a que generaran energía a su máxima potencia., esto con el fin de evitar un apagón, como ocurrió en 1992, que obligó a recortes prolongados de energía eléctrica.

Aunque el nivel de los embalses ha aumentado de forma progresiva y se ha alejado de la senda de referencia de peligro, puesto que el Ideam y XM indican que en mayo comenzó la temporada invernal y el sistema Chingaza, tras dos semanas y media de lluvias en el centro del país, el 9 de mayo superó la barrera del 20 por ciento de abastecimiento y el lunes festivo 13 de mayo se cumplieron, por primera vez, los dos objetivos trazados por la Alcaldía de Bogotá, que fueron que el sistema Chingaza supere el 20% de abastecimiento y el consumo de agua esté por debajo de los 15 metros cúbicos por segundo, lo cual hizo que el alcalde Carlos Fernando Galán anunciara que desde el 1 de julio de 2024, los turnos de racionamiento de agua en Bogotá cambiarían: cada turno tendrá restricción del consumo de agua cada 18 días y no cada 9 días como se ha realizado durante casi 3 meses, subsiste la preocupación en el mediano plazo de nuestra vulnerabilidad hídrica.

Por ello, es necesario pensar mucho más allá de manera holística e integral, si queremos

abordar de fondo las soluciones del agua. El agua define el valor y el futuro de cualquier territorio; su presencia y disponibilidad de manera suficiente y balanceada[2], determina las posibilidades socioeconómicas en cualquier región. Colombia presenta retos muy serios en el siglo 21, en la disponibilidad en cantidad y calidad necesarias del agua en las diferentes regiones y épocas del año, para los diferentes usos, pues tanto el cambio como la variabilidad climática y la entrada de condiciones de ciclones y huracanes a la región caribe colombiana como un hecho ya frecuente, así como las consecuencias del enorme conflicto de usos del suelo por la deforestación, la localización equivocada y sobredimensionada de la ganadería extensiva y el desperdicio y contaminación del líquido a lo largo y ancho del país, están manifestándose en crisis en diferentes regiones y fechas anuales.

Según un estudio reciente del Fondo Adaptación, 803 municipios han sido afectados históricamente desde 1980 hasta hoy, más de una vez, por algún evento o varios, de inundación, deslizamientos, crecientes súbitas, sequía, incendios forestales y, más recientemente eventos relacionados con ciclones o huracanes[3], y fenómenos de La Niña y el Niño. De estos 803, más de la mitad, 430, han sido históricamente afectados por todo: excesos y déficits críticos de agua y sus consecuencias asociadas. Adicionalmente, el sexto informe del IPCC en sus escenarios futuros posibles señala en sus mapas que Colombia será el país más afectado en el parámetro de humedad del suelo cuando la temperatura promedio global se ubique entre 3 y 4 grados centígrados por encima de los niveles de 1850, pues gran parte de nuestro territorio será afectado por déficit hídrico en los primeros 50 centímetros de suelo, que son definitivos para las siembras, los cultivos, la agricultura y la ganadería. Debemos prepararnos para dichos escenarios, dados los resultados decepcionantes de los acuerdos internacionales sobre el tema del calentamiento climático. Adicionalmente, los “ríos voladores”, que provienen de la amazonia que está siendo rápidamente deforestada en zonas como Chiribiquete y el piedemonte amazónico, están disminuyendo precisamente por dicha deforestación, por la profunda relación de la evapotranspiración con la cobertura vertical.

Fonseca[4] construyó el IRTS, Índice de Riqueza Territorial Sustentable, en el cual integra cinco riquezas y su interacción y las mide en cada municipio colombiano, dentro de lo cual el

agua juega un papel predominante. Esta herramienta contribuye eficazmente a priorizar mejor los municipios y regiones que debemos atender para ser más resilientes frente a las consecuencias inminentes del cambio y variabilidad climática y su relación con la contaminación ambiental (terrestre y marina) y pérdida de la biodiversidad y cobertura vegetal. Es evidente que estamos “creciendo” a costa de acabar, de dañar nuestra base natural y dentro de ella el recurso hídrico, como lo demuestra otro estudio realizado por Fonseca[5]. Sin necesidad de cálculos complicados podemos usar los ejemplos de la destrucción acelerada de la cobertura vegetal en Chiribiquete, que no ha podido ser controlada por el Estado, y la contaminación por mercurio en La Mojana, donde cerca de 2.000 personas llegan semanalmente a Sincelejo, Sucre a tratamientos de diálisis debido a los daños irreparables a sus sistemas urinarios y digestivos.

Frente a ese escenario desesperanzador, en este artículo se presentan propuestas de tecnología, estrategia y políticas innovadoras o alternativas para enfrentar la situación y posibles escenarios descritos arriba, pues el diagnóstico está bastante establecido. Ante la escasez y la sobreabundancia de agua en diferentes momentos, en los mismos o diferentes sitios del país, se requieren programas masivos de ahorro y uso eficiente del agua y de aprovechamiento de aguas lluvias, acompañados con medidas de promoción o de sanción económica y social para lograrlo; igualmente se plantean, dentro de la nueva visión del ordenamiento territorial alrededor del agua, otro tipo de medidas innovadoras como el arriendo temporal de zonas de inundación en predios privados para que permitan su inundación temporal y se les reconocería el “servicio ambiental “ a toda la sociedad, e igualmente se plantea la emisión de permisos temporales de ocupación de cauces y cuerpos de agua mientras duren las sequías para aprovechar algunos meses del año en pastoreo restringido y siembras estacionales sin agroquímicos, con el consabido repliegue en los meses de lluvias para avanzar en el rescate de los humedales, que han sido desecados e invadidos de manera permanente. En las zonas de ciénagas debemos incorporar medidas de ese tipo para rescatarlas, ahora que la bufalicultura es otra actividad creciente y la ganadería convencional ha extinguido muchas ciénagas.

Todas estas medidas en la dirección del ordenamiento territorial alrededor del agua

conforman piezas fundamentales de una visión restaurativa y regenerativa de las funciones esenciales de los ecosistemas naturales que son la fuente real del agua, incluida la subterránea. El rescate de los humedales juega un papel crítico por su importancia, recientemente reconocida, puesto que cada día más se comprueba su importancia estratégica en muchas dimensiones.

Tanto en la gestión climática como la del agua, que son dos caras de una misma moneda en muchos aspectos, los sistemas productivos agropecuarios juegan un papel fundamental en el caso de Colombia; Por ello, frente a la ganadería extensiva, altamente erosiva y emisora de gases de efecto invernadero (GEI), se plantea una secuencia de mediano plazo que se inicia con la adopción acelerada de los Sistemas Agrosilvopastoriles de ganadería bovina regenerativa y continúa convirtiendo la cultura alimentaria hacia especies menores hasta llegar a los insectos como la fuente principal de proteína tanto para alimentación humana como no humana. Colombia requiere fijar una meta urgente de conversión de ganadería extensiva a sistemas agrosilvopastoriles, de por lo menos un millón de hectáreas hacia 2030 si quiere avanzar no sólo en la lucha climática sino sobre todo en la contención de la pérdida de los recursos hídricos, por que debemos recordar que una hectárea de SASPi, sistemas agrosilvopastoriles intensivos puede albergar de 2 a 3 unidades de ganado grandes mientras que la ganadería extensiva solo alberga entre 0,4 y 0,5 reses por hectárea. Es muy importante entender que se liberan 2 a 3 hectáreas por cada hectárea nueva de sistemas de ganadería regenerativa como los SASPis, para la siembra de alimentos, para la regeneración natural y para la reforestación.

Los cultivos a su vez, deben avanzar en dos dimensiones: la biotecnológica y la agroecológica, para lograr mayor resistencia a la sequía como también mayor producción durante la misma y en condiciones de inundación, gracias al aprovechamiento de simbiosis y sinergias naturales, sobre las cuales sabemos relativamente muy poco; por ejemplo, dadas las condiciones de La Mojana, debemos explorar “cultivos flotantes” como lo aconseja la experiencia del Asia con los monzones. La proteína vegetal debe adquirir mayor protagonismo que la animal; de ahí la importancia de fortalecer la Ciencia, Tecnología e Innovación (CTeI), tradicionalmente muy restringida y marginal en Colombia y ampliar el

diálogo de saberes para incorporar e integrar tanto el conocimiento empresarial/ industrial como el ancestral/campesino/ciudadano.

La acuicultura continental, que hoy aporta cerca del 50% del consumo de peces en Colombia, debe potenciar la policría con alimentos localmente producidos y la intensificación íctica con biofloc[6] para aumentar tanto la productividad como la eficiencia y la resiliencia, así como la producción local de alimentos naturales, aprovechando una amplia gama de plantas y microalgas. El aprovechamiento sustentable de las aguas subterráneas, pobremente estudiadas, como el de las aguas residuales que actualmente se arrojan al mar a través de los emisarios submarinos deben empezar a jugar un papel fundamental, pues Colombia enfrenta, según los escenarios futuros posibles del IPCC (sexto informe 2023) el enorme problema de la escasez de humedad en sus suelos como el país más afectado por ello. En casos extremos, debemos prepararnos para recurrir a tecnologías novedosas y alternativas como el tratamiento de las aguas residuales urbanas para su reuso y, en regiones críticas como la alta Guajira, el uso de tecnologías como la “condensación atmosférica” extrayendo la humedad del aire que respiramos son alternativas a explorar.

En el campo del saneamiento y de los alcantarillados, estamos en mora de adoptar masivamente el ASAS (Alcantarillado Sin Arrastre de Sólidos), propuesto por el ingeniero Rizo de Pombo, así como también las diferentes opciones de filtros y plantas fitopedológicos y anaeróbicos como el RAFA (Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente) y preferiblemente los “filtros percoladores”, de carácter “facultativo”, pues combinan microorganismos de carácter aerobio y anaerobio adheridos a una superficie, como tecnología más apropiada para la zona ecuatorial[7] que la de las plantas compactas de lodos activados; las lagunas, ya sean de oxidación (aerobias), facultativas o anaerobias, siguen siendo una solución, siempre y cuando se cuente con área suficiente y su manejo sea el apropiado; la combinación de lagunas y filtros fitopedológicos o de macrófitas con camas o matriz de piedra (Sistemas “hidropónicos” de tratamiento), pueden ser una solución adecuada, que merece ensayarse.

Es imperativo atender los detalles; por ejemplo, reparar las compuertas de La Bocana en Cartagena, que permite el refrescamiento permanente de la Ciénaga De Tesca (o de “la

Virgen” como la denominaron los españoles) gracias al aprovechamiento de la diferencia de altura de las mareas; Para condiciones como las de La Mojana, de áreas urbanas municipales rodeadas de agua de las ciénagas circundantes[8] o con asentamientos palafíticos como los de Nueva Venecia en Ciénaga Grande de Santa Marta, se podrían y deberían estudiar sistemas flotantes de tratamiento de aguas residuales, en los cuales la recirculación y bombeo serían con energía solar y periódicamente se transportarían a la orilla para descargar los materiales sedimentados, para proseguir su descomposición en abono. Los efluentes de dichas plantas, debidamente controlados, son de mucho menor intensidad y pueden ser asimilados por los cuerpos de agua.

Sin embargo, el nuevo camino debe incrementar radicalmente el ahorro y uso eficiente con miniriego, el reuso y reaprovechamiento seguro de las aguas residuales adecuadamente tratadas, para cultivos que aprovechen los nutrientes para la producción agropecuaria y que permitan la reinyección de acuíferos y, en el más largo plazo, hacia la eliminación del agua como medio de dilución y transporte de las excretas. Hacia el futuro debemos encontrar el “inodoro seco” de disposición de excretas, sobre lo cual hay avances, pero que se requiere acelerar masivamente. Necesitamos tecnologías más disruptivas en ese sentido, de dimensión equivalente a la de la transición energética con las celdas fotovoltaicas y la energía eólica. Los componentes de las excretas, debidamente procesados, son un insumo agropecuario muy válido, especialmente si logramos volverlos sólidos secos de alto contenido de nutrientes[9]; este es un campo de investigación que deben asumir los programas de ingeniería sanitaria y ambiental como prioritario.

Así mismo, el aprovechamiento de las aguas asociadas a la extracción del petróleo en cultivos forestales, que ha sido probado por Ecopetrol y Agrosavia, es viable y seguro. Finalmente, los esfuerzos tienen que avanzar para concebir de manera integral las regiones, como en el caso de La Mojana, donde se está haciendo un esfuerzo grande de coordinación de todos los componentes. Se requiere decisión política, agilidad, apertura institucional y normativa, sentido de oportunidad y trabajo conjunto entre todos los niveles y actores públicos y privados. En el caso de la Mojana, la lucha debe ser por una minería realmente sostenible: está comprobado que el uso de mercurio permite extraer sólo el 46% del oro,

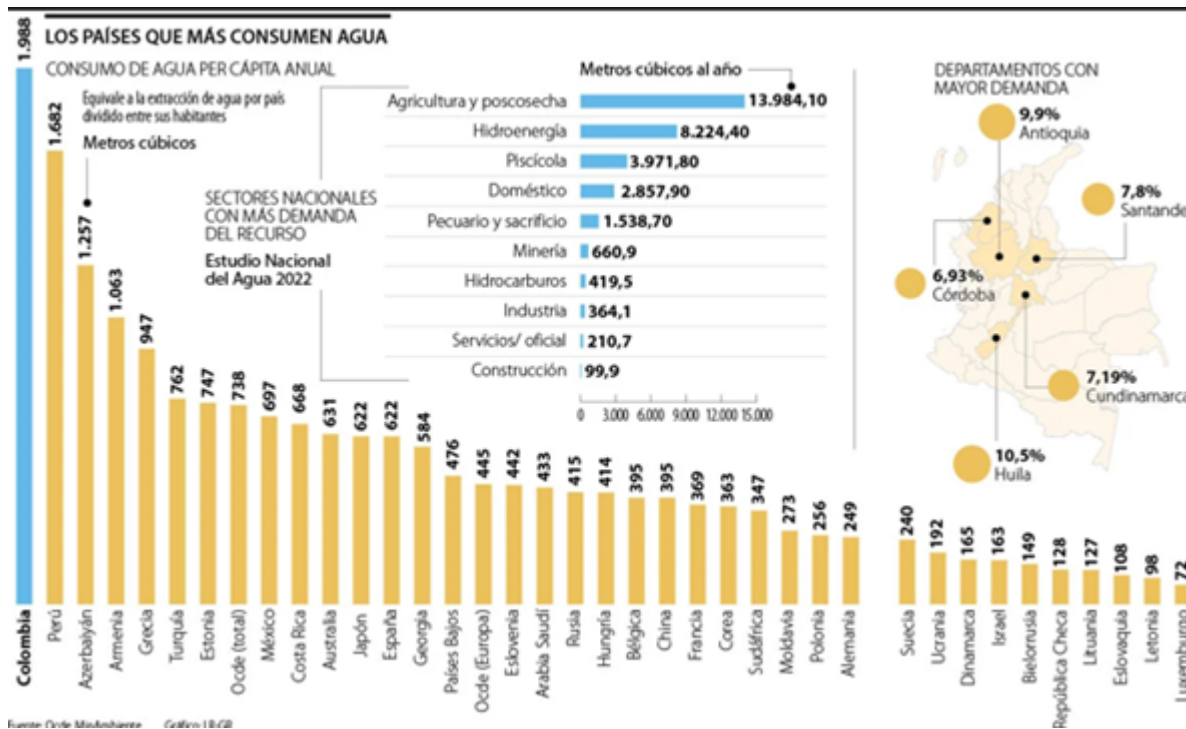


mientras que los métodos gravimétricos, de mallas logran entre el 83 a 85% de eficiencia. No cabe duda que una gran campaña de reemplazo del mercurio es una acción ambiental urgente.

A continuación, se amplía la discusión sobre estos temas.

## 2. DESAFIOS TECNOLÓGICOS

### 2.1. Mejoramiento en el ahorro, reuso y uso eficiente del agua



Como se observa en la gráfica, Colombia un lugar muy preponderante en el uso del agua; frente a la OECD Colombia significa 2,69 veces más consumo; con Francia significamos 5,38 veces el consumo anual per cápita. Sin lugar a duda, el sector que requiere más atención e innovación es el agropecuario, pues, de acuerdo con el sexto informe del IPCC (2023), los escenarios futuros posibles con aumento de la temperatura ambiente de 2, 3 y 4 grados centígrados señalan con mucha fuerza que el parámetro de humedad del suelo (hasta una



capa de 50 cms. de profundidad) sufrirá una disminución muy severa, siendo la producción agropecuaria colombiana que sufriría especialmente.

La encuesta que se hizo a ganaderos (empleados y dueños) con ocasión de la segunda vacunación de aftosa y brucelosis en 2018, aprovechando el registro único de vacunación (RUI), mostró un porcentaje muy alto de fincas en las cuales ya se sentía la escasez de agua por deforestación y cambio climático, así como la disposición mayoritaria de adoptar alguna medida para atender estas consecuencias. Sin lugar a duda, Colombia debe mejorar y multiplicar sustantivamente sus sistemas de riego, recogiendo experiencias como las de Israel y España en monocultivos, monocultivos orgánicos como los del Instituto Rodale y los de agroecología documentados por numerosas experiencias.

Los programas de ingeniería agrícola y agronomía deben pensar urgentemente en fortalecer el conocimiento y la capacidad de gestión en sistemas de riego tanto con aguas naturales como con aguas ya usadas. Dentro de ello, debe incorporarse de manera formal y explícita el aprovechamiento aguas residuales Urbanas , que se practica actualmente de manera informal e incluso ilegal, sin las debidas precauciones y pretratamiento; Otros países como USA y Alemania tienen sistemas muy bien diseñados para la irrigación con aguas residuales de diferentes tipos de cultivos, de arbustos y árboles, en los cuales no hay contacto directo del fruto con el agua residual; Colombia en cambio, si bien ha reglamentado los usos posibles de las diferentes calidades del agua, no cuenta con controles suficientemente estrictos respecto a su utilización.

## 2.2. Aguas de Producción petrolera.

Una de las posibilidades importantes es la de aprovechamiento de las aguas de producción provenientes de la extracción de hidrocarburos, que en la región de la Orinoquia pueden alcanzar hasta 24 barriles de agua por cada barril de petróleo. Ecopetrol con Agrosavia han logrado cultivos forestales con varias especies; igualmente se ha probado positivamente con palma de aceite. Debería aprovecharse que la legislación colombiana permite la disposición sobre el suelo de manera reciente y retomar esta iniciativa a fondo, tanto para generar valor

agregado como para ofrecer mayor cobertura vegetal y captación de CO<sub>2</sub>[10].

### 3. SISTEMAS AGROPECUARIOS

#### 3.1. Sistemas agrosilvopastoriles

De la misma manera, los sistemas silvopastoriles[11] contribuyen significativamente a la restauración y regeneración ecosistémica y del agua. Prueba de ello es el aumento radical en capacidad de carga de unidades de gran tamaño de ganadería que se logra, y que se manifiesta en mayor crecimiento de los animales, mejor calidad y cantidad de leche, aumento de la biodiversidad y disminución de la temperatura promedio ambiental. Al adicionar la dimensión “agro” para convertirlos en agrosilvopastoriles, se aumenta su capacidad especialmente en circunstancias de sequía, pues se puede ensilar la producción de maíz, sorgo, soya para épocas críticas; incluso, existe una experiencia muy valiosa en el departamento de Bolívar, en la cual el propietario, agrónomo Carlos Arjona, además colecta todo el mango sobrante en la época de cosecha y lo almacena en barriles de plástico, sellados con melaza y sal, hasta cuando los necesite. Han logrado índices de productividad y resiliencia realmente sobresalientes.

#### 3.2. Agroecología como estrategia de optimización del agua

La experiencia del instituto Rodale de Pennsylvania demuestra dramáticamente que en condiciones de sequía los cultivos orgánicos logran un 24% a 34% más de producción. La estrategia ecosistémica de varios niveles de altura de las plantas y de protección de la base del suelo manteniendo la humedad resulta en dicha ventaja; igualmente la agroecología, en convivencia con coberturas naturales ayuda eficazmente. El IDEA cuenta con experiencias similares al respecto y se encuentra en la literatura internacional la misma condición. Adicionalmente, la agroecología y sus variantes permiten disminuir el uso de agroquímicos que finalmente llegan en alguna proporción al agua; así, por ejemplo, el nitrógeno-N, y el fósforo-P se consideran como uno de los límites planetarios que han sido sobrepasados por la escorrentía asociada a su aplicación en exceso en monocultivos de gran extensión. Cada día

más se comprueba la capacidad de microorganismos solubilizadores de fósforo y fijadores de nitrógeno[12].

### 3.3. Vegetales con mayor resistencia a la sequía.

Una de las estrategias más sofisticadas es la de desarrollar plantas con mayor resistencia a la sequía, resultado de cruces con especies salvajes o de manipulación genética; en la medida de lo posible, debe intentarse avanzar en la línea de policultivos y de agroecología antes de intentar este camino, pues puede afectar la biodiversidad en su conjunto. Sólo en situaciones extremas debería recurrirse a esta condición, sin descartarla completamente.

## 4. RECARGA Y APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE ACUÍFEROS

Una de las tareas más urgentes es, sin lugar a dudas, optimizar, ampliar, mejorar la capacidad de recarga de acuíferos, estableciendo y cuidando adecuadamente las zonas de recarga; el nivel de conocimiento de las aguas subterráneas de Colombia es en general bajo a muy bajo con excepción de la Guajira principalmente, en la cual se conoce bastante bien.[13] Los POT en sus diferentes niveles deben incluir urgentemente la delimitación y protección de estas zonas. Las aguas subterráneas requieren mucho mayor atención. Las épocas del año en las cuales hay superávit hídrico superficial deben aprovecharse para la recarga de los acuíferos de manera mucho más planificada, de tal manera que se optimicen y se maximicen los sitios de recarga; para ello, los planes de desarrollo y ordenamiento territorial deben incluir expresamente dicha zonificación y delimitarla y acelerar a construcción de “jagueyes” o depósitos de agua en zonas verdes para su aprovechamiento, y el diseño de sistemas de recarga de acuíferos de manera técnica en regiones estratégicas. Los POT en todas sus dimensiones, deben incorporar mucho más explícitamente las zonas de recarga de acuíferos; finalmente, la repoblación vegetal y regeneración natural de las zonas más críticas de la región andina y de la región caribe se tornan en prioritarias y urgentes. Una consigna nacional debe ser la de la revegetación de zonas críticas en las zonas andina, caribe (bosque seco tropical del cual sólo queda alrededor del 2 al 4 %) y la lucha frontal contra la deforestación del piedemonte amazónico y el área de Chiribiquete.

## 5. EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD DEL RECURSO

### 5.1 Recirculación del agua

En general en Colombia la eficiencia y productividad son relativamente bajas frente a los estándares internacionales prácticamente en todos los sectores, con algunas pequeñas excepciones. Dada una tradición de relativa abundancia del recurso de agua, las medidas para su ahorro y uso eficiente sólo se expresan como respuesta al aumento de costos de provisión del recurso y, más recientemente, como respuesta a la preocupación del concepto de “agua incorporada” en la producción; recientemente la controversia sobre la producción del aguacate Hass en zonas del Quindío, afectando la palma de cera y condicionando la producción agropecuaria a la disminución de cantidad y calidad del recurso, despertó un poco más la conciencia de protección del recurso. Por esta razón es importante enviar las señales adecuadas de precio para que las industrias y empresas ajusten sus costos de producción en función de los más críticos y sobre todo establecer zonificación y normas adecuadas acerca de las posibilidades productivas en función del agua disponible; el concepto de “caudal ecológico” o “ambiental” juega un papel importante en ello, cuando se trata de desviación o extracción directa del recurso.

Si bien una estrategia de recirculación es convencional en algunos sectores, sin embargo, y frente a las limitaciones de suministro es importante asumir el reuso, reciclaje y recirculación como medidas cada vez más usuales, con el debido tratamiento. En algunos procesos industriales se recircula con circuitos de torres de enfriamiento.

Existen numerosos dispositivos o artefactos de ahorro y uso eficiente del agua sin embargo podrían rediseñarse para lograr mayor eficiencia; por ejemplo, la llave del lavaplatos debería ser accionada con pedal, como existe en las clínicas para lavados de emergencia. La combinación de lavamanos con inodoro, en la medida en la cual se mejore el sello del tanque de inodoro para evitar que la capa que se va formando por los jabones la vulnere y empiece a pasar el agua, es una buena idea, así como las aguas de la lavadora pueden usarse para otros fines. La separación de aguas grises y aguas residuales del inodoro permite también

posibles usos en riego de pequeñas huertas. Obviamente la separación de aguas lluvias de las aguas residuales es una norma existente.

- **Aprovechamiento aguas lluvias**

En La Mojana, más de 400 viviendas cuentan con canaletas de recolección de la lluvia de los techos y tanques de almacenamiento de 2 o hasta 4 metros cúbicos; así mismo, pequeños acueductos dependen de pozos profundos que se abastecen de aguas subterráneas de buena calidad, que a su vez se recargan de las aguas lluvias y de las inundaciones. La CAR ha promovido en los municipios de su jurisdicción esta práctica y provee parcialmente los elementos para su construcción. En las ciudades grandes debería lograrse la instalación de tanques subterráneos para la captación de estas aguas y así prevenir la atención de emergencias como la actual en Bogotá; los costos de no trabajar un día a la semana son grandes.

- **Techos y Fachadas Verdes**

Si bien podría decirse de esta técnica que no es directamente relacionada con el agua, esta afirmación se torna relativa frente a los descubrimientos de Nobre y su equipo en Brasil que encontraron que el 40% de las lluvias obedece a la vegetación que está localizada verticalmente a estas. Si la gran mayoría de edificaciones contaran con esta posibilidad, podría significar un valor importante, además de los servicios ambientales adicionales que prestan las plantas y sus ecosistemas asociados.

## 6. DESAFIOS NORMATIVOS E INSTITUCIONALES

### 6.1 Revisión Espacial de la Tasa de Uso del Agua (TUA)

La Tasa de Uso del Agua, relacionada directamente con el consumo, ha sido bastante baja en Colombia; es necesaria su revisión en función de la criticidad de la disponibilidad del agua en relación con la cobertura vegetal y su deterioro. Los cambios de usos del suelo y la falta de seguimiento más estrictos de estos resultan en menor disponibilidad del recurso. Es oportuno revisar su monto en función también del “caudal ecológico”, pues hay actividades que

requieren actualización acerca de su consumo y desperdicio. Las tasas de uso del agua deberían responder a la escasez relativa estacional, de tal manera que se conviertan en señales adecuadas de alarma.

- Revisión Sectorial de Tasa Retributiva del Agua (TRA)

De la misma manera, es necesario establecer una meta anual de disminución de la contaminación y de penalización de los atrasos; desde la expedición del decreto 1594 de 1987, aunque se han hecho adelantos, es evidente que las descargas municipales continúan siendo bastante contaminantes, entre otras cosas por el mal funcionamiento de las PTAR existentes o por su ausencia, aunque deberían existir. Los municipios alegan que no tienen recursos para su operación. Es absolutamente necesario que el país retome la meta de tratamiento de todas las aguas residuales en el marco de una posible escasez futura. Al respecto, además de las lagunas de tratamiento (anaerobias, facultativas y aerobias) deberíamos acelerar el uso de los filtros percoladores optimizados, empacados con módulos plásticos que multiplican su eficacia; su construcción y operación es significativamente menor que los lodos activados y ocupa menos espacio; las facultades de ingeniería ambiental y sanitaria deberían encargarse de la operación de las plantas como práctica obligada y pagada por las CARS, especialmente las más grandes.

## 7. DESAFIOS DE POLÍTICA Y CULTURA

La publicación “Colombia Anfibia” financiada por el Fondo Adaptación, reveló que el 26% del territorio nacional continental está cubierto de agua de manera permanente o temporal durante el año. Es decir, ciénagas, pantanos, lagunas, morichales, etc., contribuyen a la dinámica ecosistémica y productiva del país. La información más reciente sobre capacidad de captura de Gases de Efecto Invernadero de diferentes ecosistemas es muy reveladora: Mientras que el bosque húmedo tropical captura en su Porción visible (hojas, ramas, tronco) alrededor de 63 toneladas/hectárea/año y en su porción subterránea, gracias a las raíces y a fenómenos simbióticos de micorrizas y rhizobium alrededor de 123 tons/hectárea/año, esa misma cantidad de área en ciénaga captura alrededor de 46 tons/hectárea/año y 23 tons/hectárea/año!!! La diferencia es muy significativa. Los pescadores se benefician de los

servicios ecosistémicos de las ciénagas al capturar diariamente cantidades de peces suficientes para su sustento familiar y para vender excedentes; se estima que mientras que una hectárea de ciénaga desecada para ganadería extensiva produce alrededor de 350 gramos por día de aumento de peso animal, lo cual resulta en aproximadamente 80 a 100 kilogramos de carne bovina, esa misma extensión en ciénaga en buen estado arrojaría alrededor de 10 a 12 veces más de proteína de peces, moluscos y crustáceos.

Una tarea urgente es lograr actualizar y precisar estos valores. El reto es entonces una toma de decisiones con escenarios informados: ¿cuál es la preferencia? Un paisaje terrestre de relativa pobre productividad en monocultivos y ganadería extensiva, a costos elevados por la construcción de obras defensivas contra la inundación, o un paisaje anfibio en el cual conviven actividades socioeconómicas tanto terrestres como acuáticas e hidrobiológicas que requieren obras y estrategias diferentes para alcanzar productividades diferentes. O escenarios intermedios. En ese sentido, el Fondo Adaptación avanza en la elaboración de un modelo de información/simulación en esa dirección, pero falta bastante recorrido, entre otras cosas porque la dinámica de la sedimentación es supremamente grave en la región.

## 8. CASO DE LA MOJANA

Es la hora de resolver los problemas del agua más grandes, regionales y específicos, pero bajo la lógica de resolverlos desde su propia fuente. Es el caso de La Mojana por ejemplo; La región de la depresión Momposina, que comprende a La Mojana también, recibe las aguas de los ríos Cauca, San Jorge y Magdalena, los cuales a medida que el cambio y la variabilidad climática, la contaminación de todo tipo y las enormes cantidades de sedimentos asociados a cambios de uso y actividades legales e ilegales de minería, -que se asocian al uso del mercurio para “amalgamar” el oro-, los afectan en sus cuencas altas y medias, se manifiestan en mayores inundaciones, sequías, enfermedad y pobreza aguas abajo; la aproximación convencional ha sido la de diseñar y construir estructuras civiles defensivas, denominadas “estructurales” para prevenir la inundación de áreas que históricamente se inundaron en periodos de lluvia, como lo demuestra la descripción del aprovechamiento en camellones de la cultura zenú[14],[15].



El país no ha hecho un estudio serio del costo “escondido” de cada kilo de carne bovina o cultivo comercializado desde esta zona, que debería incluir todos los costos de las obras, subsidios y demás que se generan por una visión excesivamente “terrestre” de la producción. La respuesta debe incluir una visión de la “Colombia anfibia”, en la cual valoremos las ciénagas y los humedales en su justa dimensión tanto por su contribución hidráulica como por su enorme productividad ecológica e hidrobiológica.

La verdadera solución de fondo de La Mojana es sin lugar a dudas aguas arriba: la lucha contra la minería ilegal debe ser integral: tanto las acciones policivas y del ejército, como la investigación acerca de sustitutos al uso ilegal del mercurio y de formas de extracción del oro mucho menos generadoras de sedimentos deben estar contempladas. Por ello, requerimos un trabajo más coordinado de investigación y desarrollo tecnológico para disminuir dramáticamente estas contribuciones de sedimentos y mercurio; Minciencias, Minenergía, Minambiente deben hacer un frente conjunto con las autoridades militares y policivas que avance significativamente. El bajo cauca, el San Jorge y la Amazonia y el Chocó deben ser focalizados con más fuerza.

---

[1] XM es el operador del Sistema Interconectado y el administrador del Mercado de Energía Mayorista de Colombia.

[2] Por balanceada nos referimos a que, en las diferentes épocas del año, se cuente con el recurso en cantidad suficiente y de buena calidad.

[3] Informe variabilidad climática, Fondo Adaptación 2024. Incluye análisis fenómeno de La Niña 2021-2023 y comprende información de DESIVENTAR (1980-1920) y de RUNDA (2021-2023). Clasifica los municipios y regiones que los agrupan, en función de los que han sufrido más lluvias, inundación y sequías; los que han sufrido más por inundación y lluvias y menos por sequías; los que han sufrido por sequías principalmente, y los que han sufrido poco o muy marginalmente por ambas condiciones.

[4] Fonseca, C.H.; “Criterios e indicadores para el Diseño y Evaluación de Sistemas de Ciencia, Tecnología e Innovación Regionalmente Diferenciados para el Desarrollo Territorial Sustentable de Colombia”, UPTC-IGAC, 2019. Tesis Doctorado, Summa Cum Laude.

[5] Fonseca, C.H. ; “Construcción del Índice de Ganadería Sustentable para Colombia”. Se elaboró una encuesta dentro del RUV, registro único de vacunación, en la segunda jornada anual de vacunación bovina, en la cual se preguntó sobre la situación de pérdida del recurso hídrico en actividades ganaderas; más de 600 mil registros permitieron identificar esto como una preocupación creciente y real. Un buen porcentaje de ganaderos expresaron su interés e intención de adoptar algún tipo de medida de protección del recurso.

[6] Se define como una agregación conglomerada de comunidades microbianas (flóculos) integrada por fitoplancton, bacterias y materia orgánica particulada viva y muerta, suspendida en el agua de un estanque.

[7] Preferimos usar el término “ecuatoriales” al referirnos a países localizados entre los dos trópicos de Cáncer y Capricornio.

[8] La cantidad de ciénagas circundantes de San Marcos, Magangué y otros municipios de los 11 que conforman La Mojana, invitan a ensayar alternativas diferentes a las convencionales, so pena de “colapso” de dichos cuerpos de agua circundantes a los perímetros urbanos; lo único que se ha hecho hasta ahora es el bombeo de un cuerpo de agua a otro, con problemas de costos de energía y robo de componentes de los sistemas.

[9] La lógica es elemental: las excretas son parcialmente lo que comemos.

[10] Existen dos plantas de osmosis inversa en proyecto conjunto de Frontera Energy y Ecopetrol, que no ha operado y debería tomarse decisiones acerca de su destino, tanto en la zona o en otra.

[11] Desarrollados por el CIPAV del valle del cauca y posteriormente adoptados por países como Brasil y varios de centro américa e infortunadamente muy marginales todavía en

Colombia.

[12] En la COP14 de biodiversidad se reconoció la importancia fundamental de los microorganismos del suelo en la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola, la seguridad alimentaria y la mitigación del cambio climático, y se discutieron estrategias para promover prácticas de gestión del suelo

[13] Actualmente se cuenta con 8 pozos, de los cuales hay 5 en operación y tres que podrían recuperarse con una planta de osmosis inversa para cada uno por la condición de aguas salobres.

[14] Encuesta sobre ganadería y cambio climático en el RUI 2da vacunación, 2018, cuenta de carne y leche, ministerio de agricultura y desarrollo rural. Carlos Fonseca Z.

[15] Las antropólogas Plazas y Falcetti documentan claramente el funcionamiento de los “camellones” en la época preconquista y durante la colonia; los indígenas ocupaban tanto la cuenca del san Jorge como la del Sinú, pero aparentemente migraron más hacia el oeste, por cuestiones climáticas.

Carlos H. Fonseca Zárate PhD.

Sandra Velasco, Mg.

Asesor Gerencia Fondo Adaptación

Foto tomada de: France 24