
1. INTRODUCCIÓN A LAS AGUAS DE LA ORINOQUÍA

1.1 ¿Qué es la Orinoquía?

La cuenca del Orinoco, es decir, el territorio drenado por las corrientes de agua que fluyen hacia al gran río Orinoco, ocupa casi la cuarta parte de Suramérica y, está conformada por cientos de ríos, miles de arroyos, caños y quebradas.

Aproximadamente 90 ríos son afluentes directos por la margen izquierda –llegando de Los Andes y la llanura–, y cerca de 95 son afluentes por el margen derecho y se originan en el Escudo Guayanés en Venezuela (Instituto Humboldt, 2018). La Orinoquía colombo-venezolana se puede dividir de varias formas, la más utilizada es usando las formas del relieve y geología: (A) Cordillera, (B) llanura de sedimentación y (C) Escudo Guayanés (Figura 1).

A. La Cordillera. La Cordillera Oriental colombiana se extiende en Venezuela como cordillera de Mérida, y forma un marco al occidente y norte de la planicie de la Orinoquía. Estas montañas son barrera natural de las masas de agua evaporadas en el océano Atlántico, Amazonía, y los Llanos, que, forzadas por los vientos alisios, chocan en las altas montañas y vuelven desde allí a las planicies nutriendo los ríos llaneros.

B. La llanura de sedimentación. Entre los Andes orientales y las montañas (tepuyes) del Macizo Guayanés, se extiende una planicie de origen sedimentario, es decir, producto del transporte y acumulación de suelos por factores climáticos acontecidos en el Cuaternario (desde 600.000 hasta 10.000 años atrás). En Colombia, se conoce como los Llanos Orientales y ocupa la mayor extensión de la Orinoquía.

En su área de influencia encontramos diversidad de paisajes, entre los más grandes: la llanura inundable al norte del río Meta, la altillanura en el sur; y en el área de tránsito hacia los ecosistemas de selva húmeda tropical, encontramos un paisaje selvático con características amazónicas debido a sus condiciones climáticas y tipo de vegetación, en donde prevalecen los vientos alisios y lluvia presente varios meses al año (Instituto Humboldt, 2016).

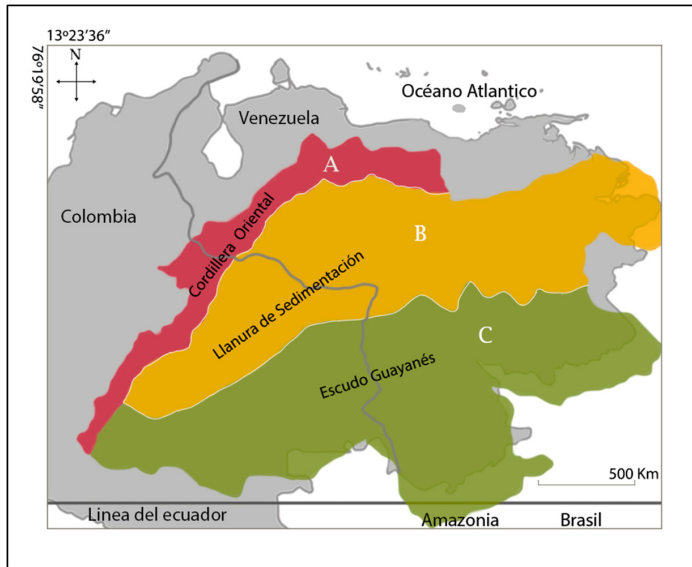
C. El Escudo Guayanés. Ubicada “sobre” el Macizo o masa montañosa Guayanés, uno de los escudos o núcleos de las masas de los continentes más antiguos de la Tierra, que constituye gran parte del norte de Suramérica, y que se formó durante la separación del supercontinente Pangea.

Esta región geológica se originó en el Precámbrico, hace 2 mil millones de años, ha sido modificada por movimientos de placas terrestres, que han ayudado a formar extensas planicies en las que se ve el substrato rocoso antiguo, o se encuentra oculto por delgadas capas de arena o sedimentos.

El tiempo, los movimientos sísmicos, el viento y la lluvia, entre otros factores, producen erosión en el Escudo, lo cual genera saltos y raudales en los ríos de la subregión. Estos mismos fenómenos también impactan otras superficies y crean planicies, montañas, islas, pequeñas serranías y mesetas.

Figura 1

Orinoquía colombo-venezolana



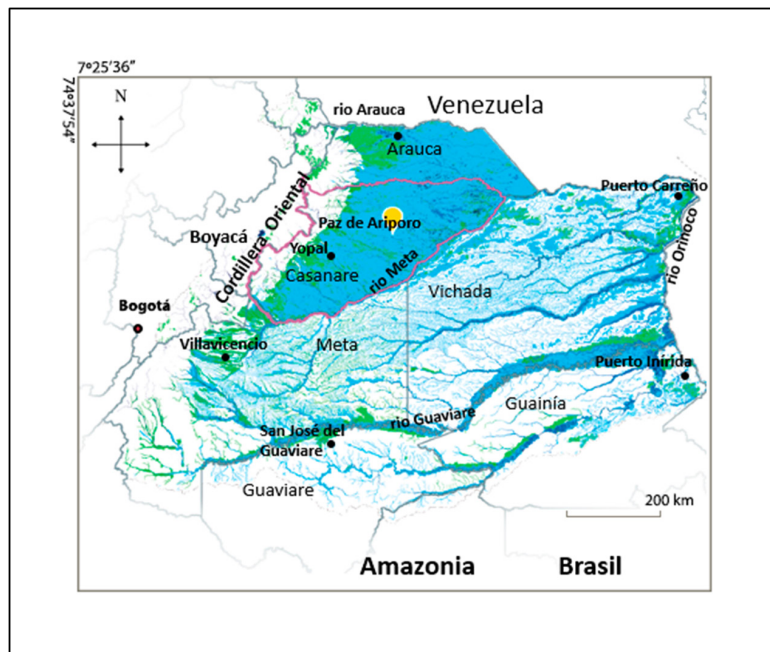
Nota. En la Orinoquía colombo-venezolana se observan tres grandes formas de relieve: La Cordillera (A), La llanura de sedimentación (B), y el Escudo Guayanés (C). Modificado de Instituto Humboldt (2016)

Orinoquía colombiana. La Orinoquía colombiana es conocida como los Llanos, se ubica al oriente del país entre la cordillera Oriental y Venezuela. Es una de las regiones naturales que ocupa gran extensión, pues abarca más de 250000 Km², lo que equivale, a la cuarta parte de la nación. Su topografía, principalmente plana, hace que más de las tres cuartas partes sean sabanas, algunas con humedales, y que la cuarta parte, está cubierta por bosques (Instituto Humboldt, 2016). Los departamentos centrales de la Orinoquía son Arauca, Casanare, Meta y Vichada. Otros departamentos como Guaviare, Guainía, Boyacá y Cundinamarca, parcialmente, hacen parte de la cuenca del Orinoco. La Figura 2 muestra los departamentos que conforman la Orinoquía con sus respectivas ciudades capitales.

A la cuenca del Orinoco también se le conoce como los Llanos Orientales, dado que, se identifica por sabanas casi horizontales. Su nombre también hace mención al río Orinoco que es el principal drenaje de esta región. La cuenca corresponde a una planicie, y en Colombia, está delimitada por los ríos Orinoco por el oriente, Guaviare por el sur, Arauca por el norte, y el piedemonte llanero por el occidente; siendo este último, la transición entre la Cordillera Oriental y la Orinoquía plana. En suma, la Orinoquía, se constituye como un polo de desarrollo energético, ganadero y agrícola del país y, está dividida en cuatro subregiones con características muy diferentes: 1) Orinoquía inundable, 2) piedemonte, 3) altillanura y 4) franja de transición.

Figura 2

Departamentos que conforman la Orinoquía Colombiana



Nota. Llanuras inundables en azul

1. Orinoquía inundable. Esta subregión está ubicada entre el río Meta y el río Arauca. No es una tierra apta para grandes cultivos agroindustriales ya que gran parte de su territorio se inunda durante la temporada de lluvias. Su actividad económica se centra en hidrocarburos y ganadería (Figura 2).

2. Piedemonte. Es el cinturón de conexión entre los llanos y el centro del país, y la transición entre las sabanas y la Cordillera Oriental. Comprende gran parte del costado occidental de Arauca, Casanare y Meta. Tiene casi dos millones de hectáreas y alberga el 65 % de la población de la Orinoquía. Tiene los suelos más fértiles, por lo que es la región más desarrollada de la Orinoquía.

3. Altillanura. Está ubicada entre el río Meta y el río Orinoco en el Vichada, principalmente, se perfila como la despensa alimentaria de Colombia, porque tiene cerca de 4 millones de hectáreas cultivables. No obstante, debe mejorar la infraestructura de acceso y la calidad de los suelos.

4. Franja de transición. Es la franja de transición entre la Orinoquía y la Amazonía y está ubicada al sur de los departamentos de Vichada y Meta, además, comprende parte del Guaviare y el Guainía. Es relevante, tener en cuenta que, su riqueza ecológica se ve amenazada por la minería ilegal.

La Orinoquía es sinónimo de riqueza, belleza, biodiversidad y coraje. A continuación, se detallan estos aspectos. En primer lugar, **La riqueza** de la Orinoquía ha hecho que la cataloguen como la región del futuro porque está generando cerca del 80 % de la producción nacional de gas, además, alrededor de la mitad ($\frac{3}{4}$) del petróleo, así también, ocupa la primera posición en cultivos de arroz, y alberga cerca del 20% del hato ganadero del país; por lo tanto, la convierte en una gran productora de carne, y la región con el mayor crecimiento en ganado vacuno y palma africana (Instituto Humboldt, 2018).

En segundo lugar, se encuentra **La belleza**, pues proviene de sus infinitas llanuras de todos los tonos de verde colmatados de agua, flora y manadas de fauna únicas que lo potencializan por su **diversidad**. El tercer aspecto que permite caracterizar esta bella región es el **coraje**, heredado de los valientes llaneros que, despojados de todo, decidieron las batallas clave de nuestra independencia y, del valor que debieron desplegar esos vaqueros para crear una cultura y sobrevivir en regiones tan apartadas e inhóspitas.

Ese verde infinito, receptor de todas las aguas, se encuentra ahora amenazado por las ocupaciones humanas relacionadas con la ganadería, la agricultura intensiva, la explotación de recursos minero-energéticos, y especialmente, por los cambios climáticos del planeta que, a pesar de las investigaciones, aún no terminamos de entender, predecir y, mucho menos controlar.

Así como esos llaneros encontraron el valor y la sagacidad para adaptarse y domar la naturaleza para sobrevivir, en consecuencia, a las generaciones actuales les corresponde tener el coraje y la inteligencia para prosperar a partir de sus recursos, al mismo tiempo, debe mantener el equilibrio de esos inmensos humedales.

En tanto que, las llanuras inundables de la Orinoquía son sinónimo de agua por doquier, por lo tanto, el entendimiento de sus aguas aéreas, superficiales y subterráneas es vital a fin de preservar el frágil equilibrio del mar verde del interior del norte de Sudamérica.

Por esta razón, el principal desafío de la Orinoquía está en el contraste que hay entre los meses de invierno, cuando cae tanta agua que inunda las llanuras de esta región, al punto que parece una gran laguna; el panorama cambia drásticamente, en los meses de verano, ya que estos se presentan intensos y con sequías prolongadas, en esta época la sabana adquiere un aspecto semidesértico. Ese equilibrio natural es delicado y puede ser desestabilizado por el cambio climático.

Como una pequeña contribución a lo mucho que seguimos sin entender de la Orinoquía, esta investigación se centra en pensar la simbiosis entre las abundantes aguas superficiales, las cada vez más utilizadas aguas subterráneas, y el cambio climático. Para este fin, se utilizaron diversos métodos y herramientas desde la medición de caudales de agua de los ríos, pozos, aljibes y aun de la precipitación, pasando por pruebas de pozos, análisis de suelos, radiografía geofísica del subsuelo, hasta análisis químicos, con el fin de determinar la composición química e isotópica de sus aguas y así entender su calidad, orígenes y correlaciones.

Todo esto, para comprender mejor los factores frecuentes asociados con los cambios climáticos que el planeta está experimentando, a saber: los incrementos de temperatura, las fuertes olas de calor y las inundaciones inusuales.

Para un mejor entendimiento de las sabanas inundables se toma como referencia la municipalidad de Paz de Ariporo (Casanare) lugar en el que se centraron los trabajos de campo (Figura 2).

1.2 Generalidades sobre el agua

A continuación se presentan algunas generalidades sobre la procedencia y la calidad del agua, con el fin de clarificar los conceptos básicos necesarios para comprender los siguientes capítulos que componen este texto. Las aguas hacen parte de un ciclo continuo de estados de agua que se presentan en la forma de: 1) aguas atmosféricas (evaporación, nubes, lluvia), 2) aguas superficiales (nevados, ríos, lagos, esteros) y 3) aguas subterráneas (acuíferos superficiales y profundos) (Figura 3).

Figura 3
Ciclo del agua



Nota. Ciclo del agua: evapotranspiración, precipitación (lluvia y nieve), escorrentía (ríos y caños) e infiltración (recarga de acuíferos). IDEAM (2019)

1. Las aguas atmosféricas. Estas aguas se encuentran en los tres estados: vapor de agua como en la niebla, líquido suspendido, lluvia, y en estado sólido en forma de nieve y hielo. Una vez que el agua atmosférica cae a la superficie, esta regresa a la atmósfera mediante el proceso de evaporación de las plantas, del agua de escorrentía sobre la superficie, y de la superficie de los ríos, lagos y del mar. El agua en forma de vapor por las corrientes de aire se condensa formando las nubes, para posteriormente retornar a la tierra como agua lluvia (Figuras 3 y 4, parte superior).

Cuando el agua regresa a la tierra en forma de lluvia se distribuye en diferentes formas: parte de ella se queda almacenada por algún tiempo en el suelo, la otra parte retorna a la atmósfera gracias a la evaporación y la transpiración, otra porción se desplaza sobre la superficie y se conoce como escorrentía, hasta que se incorpora a los cuerpos lenticos como lagos, ríos y mares; la parte restante se infiltra en el subsuelo a través de la tabla de agua para, finalmente, incorporarse a los acuíferos como agua subterránea (recarga de los acuíferos) (Figura 3) (SENA, 1990).

A medida que el agua viaja por el aire se le integran otros componentes: aspira gases como oxígeno y CO₂, y atrae material particulado, humo, bacterias, y contaminantes. Las aguas que se mueven en la atmósfera se diferencian por lo siguiente: falta de sales, riqueza de oxígeno, elevados porcentajes de CO₂.

2. Las aguas superficiales están compuestas por: aguas loticas que no están estancadas y se encuentran en movimiento: caños, quebradas y ríos; aguas lénticas que están relativamente estancadas (lagos y esteros) y aguas en forma sólida (nieve, granizo y hielo) (Figuras 4 y 11). Las aguas sólidas de los nevados cuando se derriten tienen las mismas características de las aguas de precipitación, y se evaporan, se incorporan como agua de escorrentía, o como agua de infiltración en los acuíferos (SENA, 1990).

Figura 4

Río Cusiana en Santa Helena de Cusiva (Maní-Casanare)



Las aguas cercanas a la superficie son más susceptibles a la contaminación por fenómenos naturales y antrópicos, al punto que pueden contaminarse y no ser aptas para el consumo dependiendo de: tipo de suelo, características de la vegetación, contaminación antrópica proveniente de ciudades o viviendas, químicos utilizados en agricultura, y contaminación relacionada con algas (lagos y embalses) (SENA, 1990).

3. Las aguas subterráneas se presentan de dos maneras diferentes: a) Aguas procedentes de la lluvia que se recargan y se almacenan profundamente (**acuífero confinado**), b) Otra parte de las aguas subterráneas no se recargan o infiltran profundamente, y fluyen verticalmente, de tal manera que, luego puedan encontrar una parte impermeable trasladándose, horizontalmente, cerca de la superficie (**acuífero libre**). Cabe resaltar que, la parte superior de los acuíferos libres se conoce como tabla de agua o nivel freático, y es la superficie que vemos en los aljibes. La tabla de agua está en contacto con la atmosfera a través del suelo ya que, la parte superior de este, no está saturado de agua (Figuras 3 y 5).

Figura 5

Un aljibe es un indicador del nivel freático del acuífero libre



El acuífero libre o freático tiene un flujo regional que semeja un río subterráneo lento, y cuando intercepta la topografía emana como manantial (SENA, 1990). Las aguas de manantial son claras sin olor y más duras que las aguas someras. Además, sus elementos químicos están relacionados con los terrenos contiguos y con la cercanía a la superficie (calcio, magnesio, hierro).

Las aguas subterráneas superficiales pueden contaminarse por la inadecuada ubicación de los sistemas de aguas servidas o pozos sépticos. Generalmente, en la Orinoquía, los acuíferos libres no están contaminados; pero, muestran una alta concentración de minerales, especialmente hierro y magnesio, que deben ser retirados con sistemas de aireación o con tratamientos químicos.

Algunos acuíferos profundos están sometidos a presión por las rocas impermeables que los supra yacen y el agua puede subir sobre la superficie sin la ayuda de sistemas de bombeo, cuando brotan sobre el nivel del suelo se conocen como pozos artesianos o saltantes, y, particularmente, se encuentran cuando se perforan pozos de agua en acuíferos confinados profundos (SENA 1990).

De todas las fuentes descritas (atmosféricas, superficiales, y subterráneas), proviene el agua para el uso domiciliario e industrial; por lo tanto, los usuarios utilizan el agua del origen más cercano y más dispuesto para su potabilización; esta fuente puede ser de las aguas de ríos y quebradas a través de un sistema de captación, o de las aguas subterráneas utilizando pozos con tubería y sistemas de bombeo.

Posteriormente, se lleva a los sitios de potabilización para su tratamiento físico-químico. Después del tratamiento, el agua pasa por un sistema de control de calidad que garantiza su potabilidad y, que, por lo tanto, puede ser llevada a los usuarios.

Una cuenca hidrográfica. Es una depresión geográfica en la que se tienen caños y quebradas cuyos caudales van a un río principal que recoge toda el agua de escorrentía de la cuenca. Los límites entre cuencas hidrográficas se conocen como parteaguas o divisorias de aguas, son divisiones topográficas ubicadas en las zonas altas que sirven de divisoria entre cuencas adyacentes.

Las cuencas hidrográficas son importantes, además, del punto de vista del agua, también desde la mirada de las condiciones climáticas, de los suelos, la flora y la fauna, ya que cada cuenca tiene sus particularidades. La cuenca hidrográfica de la Orinoquía colombiana es un buen ejemplo de una cuenca regional, ya que está delimitada por grandes ríos como Arauca, Orinoco, Guaviare, y Guainía, y por el piedemonte llanero al occidente o zona transicional entre la Cordillera y las llanuras de la Orinoquía (Figura 2).

Por esta razón, es fundamental que las corporaciones autónomas regionales (CAR) y las autoridades ambientales de los municipios estén vigilantes de las posibles fuentes de contaminación del agua para prevenir riesgos. Igualmente, deben educar de forma continua a la población sobre la cultura de conservación del agua, así como, abordar los aspectos legales relacionados con las infracciones a la legislación vigente (IDEAM, 2019).

Los desafíos más comunes que se exteriorizan en las cuencas de captación y que causan inestabilidad hídrica son causados primariamente por: 1) Mala utilización de los suelos (tala de árboles y quemas, sobrepastoreo, monocultivos sin rotación de los mismos, malas prácticas de drenaje, cultivos en zonas muy pendientes, mecanización y tala indiscriminada de los bosques. 2) Distintos tipos de contaminación industrial, de agroindustrias y de vertimiento de aguas servidas, emisiones activas y pasivas de gases y partículas, distorsión de los drenajes de agua, y explotación inapropiada de petróleo, gas y otros minerales. 3) Problemas relacionados con las invasiones ilegales de terrenos, que no cuentan con agua potable ni alcantarillado, construcción de invasiones y edificaciones en áreas inestables, el inadecuado manejo de los escombros y desechos domésticos, así como las construcciones desorganizadas que presentan altas concentraciones de residuos que, finalmente, llegan al drenaje más cercano.

En resumen, las consecuencias más notables por la contaminación y mal manejo de las cuencas hidrológicas son: 1) Incremento de sedimentación por aumento en los procesos erosivos, 2) disminución de la calidad del agua, 3) descenso de los volúmenes de agua en caños y ríos que afecta el volumen disponible para la población, y 4) enfermedades (cólera, tifoidea, disentería, hepatitis, amebiasis, etc.) (SENA, 1990).

Disposición del agua. Para que se pueda lograr una alta calidad del agua, es necesario hacer inspecciones sanitarias periódicas para reconocer los peligros latentes que pueden llegar a afectar la salud de la población de la región. Dichas inspecciones posibilitan la reducción de la presencia de enfermedades diarreicas, las infecciones en ojos y piel, las enfermedades relacionadas con virus y bacterias subyacentes al tratamiento y disposición final de las aguas negras. Las inspecciones técnicas también deben fomentar el mejoramiento de las costumbres higiénicas hogareñas.

Se puede señalar que, los ensayos de laboratorio son primordiales para definir la calidad de agua. Estos se dividen en tres grandes categorías: físicas, químicas y bacteriológicas. La primera, permite observar las **características físicas** del agua, las cuales pueden ser percibidas desde: temperatura, color, olor, sabor, y turbiedad.

La segunda, **las características químicas** del agua, estas se encuentran directamente relacionadas con los agregados químicos diluidos en ella, y que pueden alterar sus propiedades, dentro de las más comunes en la Orinoquía, halladas en el laboratorio para la calidad del agua, son: acidez, alcalinidad, pH, dureza, hierro, cloro residual, sulfatos, nitratos y fosfatos.

La tercera, comprendida por las **características bacteriológicas** las cuales están vinculadas con los virus, bacterias, parásitos, y protozoos que se diseminan en el agua como parte de los desperdicios de la actividad humana, pero también de los animales en establos y similares, por el hábito de los seres humanos de botar sus basuras a los ríos y quebradas.

Algo semejante ocurre, con las enfermedades adquiridas por el mal uso del agua, entre las que se resaltan: la diarrea, las infecciones cutáneas, el cólera, y la disentería.

Análisis. La Orinoquía siempre ha sido sinónimo de agua y, contiene tanta agua, que representa un 32,4 % del total de aguas de la nación (Instituto Humboldt, 2018). Hasta hace poco tiempo no eran frecuentes las sequías o los racionamientos de agua, pero la sequía de Paz de Ariporo y el racionamiento de agua en Yopal, han activado las alarmas de que se avecinan desafíos relacionados con la preservación de este líquido vital.

Existen algunos factores que indicarían que los desafíos relacionados con el “oro azul” podrían estar en camino: 1) El incremento de los monocultivos en la Orinoquía y, en general, de la agroindustria que consume la mayor parte del agua en una región, en algunos casos, sin los estudios previos que puedan prever el impacto. 2) El incremento de la exploración de hidrocarburos, lo que se refiere, específicamente, a la sísmica, perforaciones, y otras obras de infraestructura como carreteras. 3) Crecimiento poblacional por el boom de los dos primeros. 4) La deforestación, 5) El cambio climático con sus consecuencias como, clima impredecible, olas de calor más fuertes, y precipitaciones con inundaciones más severas.

La combinación de esos desafíos conseguiría poner a la Orinoquía en la lista de las regiones con problemas de agua. Por lo anterior, es necesario mantener un balance entre la producción y la conservación teniendo en cuenta las características singulares de esta región.

Actualmente, 1/3 de los países del planeta tiene problemas de agua, y se espera que a 2050 ese porcentaje se incremente a un 50 % (UPTC-Colciencias, 2018). Esto se debe al crecimiento poblacional, que paralelamente permea el crecimiento en el consumo de alimentos y servicios, especialmente en Asia, así también, es una consecuencia latente del cambio climático.

Según la DW, el crecimiento en el consumo no es solamente agua domiciliaria, sino que representa el consumo general que conlleva al aumento en todos los procesos, con preponderancia en la agricultura que consume cerca del 70% del agua (DW, 2021). Igualmente, con el crecimiento de la Orinoquía a todo nivel, especialmente en el consumo del agua, también disminuiría la disponibilidad de la misma.

Si a lo anterior se le suma que, el 70% del agua limpia ya está siendo utilizada, entonces se espera que en el futuro el agua sea más escasa y más costosa, y que pase a ser una mercancía negociada en bolsa y no un derecho universal; y que, por lo tanto, al regar la huerta o al tomar una ducha, en nuestra mente estaría rondando el costo de lo que implica utilizar dicha mercancía.