

## DETERMINACIÓN DEL INDICADOR DESARROLLO SUSTENTABLE ODS 6.4.2: EXTRACCIÓN DE AGUA DULCE, EN LA CUENCA DEL RÍO TIRGUA, SAN CARLOS, ESTADO COJEDES

*(Determination of sustainable ODS 6.4.2 indicator: Sweet water extraction in the Tirgua river basin, San Carlos, Cojedes State)*

**Indalecio José Sánchez Prieto; Nahir Carballo**

Universidad Nacional Experimental de Los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora”, San Carlos, estado Cojedes, Venezuela. Indasa10@mail.com; nahirdelc@gmail.com

**Autor de Correspondencia:** Nahir Carballo, Email: nahirdelc@gmail.com

**Recibido:** 23-02-2021

**Aceptado:** 01-03-2021

### RESUMEN

En el estado Cojedes, desde hace algún tiempo se viene hablando de la disminución progresiva del caudal del río Tirgua, al particular se han desarrollado una serie de investigaciones, algunas en pleno desarrollo. Este trabajo se sumará a esos esfuerzos por demostrar la realidad del río Tirgua o río San Carlos el cual este cauce se abastecen de agua potable las tres principales ciudades del estado Cojedes: San Carlos, Tinaquillo y Tinaco. Además, sus aguas permiten la recarga de los acuíferos San Carlos, del municipio Rómulo Gallegos y parte del municipio Ricaurte. Por la importancia que tiene este río para los Cojedeños, se plantea la aplicación del Indicador 6.4.2 a la cuenca del río Tirgua como caso de estudio. Ello permitirá establecer la relación que existe entre los aportes de agua, respecto a las extracciones, la determinación de cada uno de los parámetros solicitados para el cálculo y finalmente determinar el umbral de estrés hídrico para las condiciones de uso de dicha cuenca en el año de estudio.

**Palabras Clave:** ODS 6.4.2; recurso agua; Dulce: río Tirgua

### SUMMARY

In the Cojedes state, for some time there has been talk of the progressive decrease in the flow of the Tirgua River, in particular a series of investigations have been developed, some in full development. This work will add to those efforts to demonstrate the reality of the Tirgua River or San Carlos River, which this channel supplies drinking water to the three main cities of the Cojedes state: San Carlos, Tinaquillo and Tinaco. In addition, its waters allow the recharge of the San Carlos aquifers, the Rómulo Gallegos municipality and part of the Ricaurte municipality. Due to the importance of this river for the Cojedeños, the application of Indicator 6.4.2 to the Tirgua river basin is proposed as a case study. This will make it possible to establish the relationship that exists between the water inputs, with respect to the withdrawals, the determination of each of the parameters requested for the calculation and finally determine the water stress threshold for the conditions of use of said basin in the year of study.

**Keys Word:** ODS 6.4.2; water resource; fresh water: Tirgua river

## INTRODUCCIÓN

El agua es la sustancia más abundante de la tierra, es el principal constituyente de todos los seres vivos y es una fuerza importante que constantemente está cambiando la superficie de la tierra. No se puede hablar del agua sin mencionar el proceso que permite su ocurrencia “El Ciclo Hidrológico”, formado por una serie de procesos que ocurren en forma continua y que son factor clave en la climatización de nuestro planeta para la existencia humana y ejercen gran influencia en el progreso de la civilización. Chow *et al* (1993). Estos fenómenos: evaporación, evapotranspiración, precipitaciones, infiltración, escurrimiento superficial, escurrimiento subterráneo, sublimación, retenciones y otros permiten la ocurrencia del agua en sus estados sólido, líquido y gaseoso, así como definen su cuantía el tiempo y en el espacio. Su estudio es determinante para comprender el fenómeno de la existencia del agua en el planeta y junto a otros recursos permitir la vida de todos los organismos.

Los Objetivo del Desarrollo Sostenible (ODS) se encuentran incluidos en la Agenda 2030 firmada en la ONU por sus Estados Miembros. Incluye 17 ODS, 169 Metas y 231 Indicadores. El ODS 6 se relaciona con “Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos” y establece una serie de indicadores,

que, si bien es cierto, se definieron con un alcance global y nacional, bien puede adaptar su aplicación a una cuenca como objeto de estudio. Se dice del estado bolivariano de Cojedes, es rico en recursos hídrico, sin embargo, también existe un mito, según el cual uno de sus principales ríos muestra tendencia a disminuir su caudal. Se trata del río Tirgua o río San Carlos, el cual es el cauce principal de la cuenca hidrográfica del río Tirgua; esta, abastece de agua para diferentes usos a seis de los nueve municipios del estado, a saber, Tinaquillo, Tinaco, Ezequiel Zamora, Rómulo Gallegos, Ricaurte y Girardot.

Por la importancia que tiene este río para los Cojedeños, se plantea la aplicación del indicador 6.4.2 a la cuenca del río Tirgua como caso de estudio. Ello permitirá establecer la relación que existe entre los aportes de agua, respecto a las extracciones, la determinación de cada uno de los parámetros solicitados para el cálculo y finalmente determinar el Umbral de estrés hídrico para las condiciones de uso de dicha cuenca en el año 2020. Se ha considerado la totalidad de la cuenca hasta la confluencia del río Tirgua con el río Tinaco en el municipio Girardot; se estará dando respuesta a la interrogante ¿es sostenible las condiciones de extracción de agua del río Tirgua?

## DESARROLLO

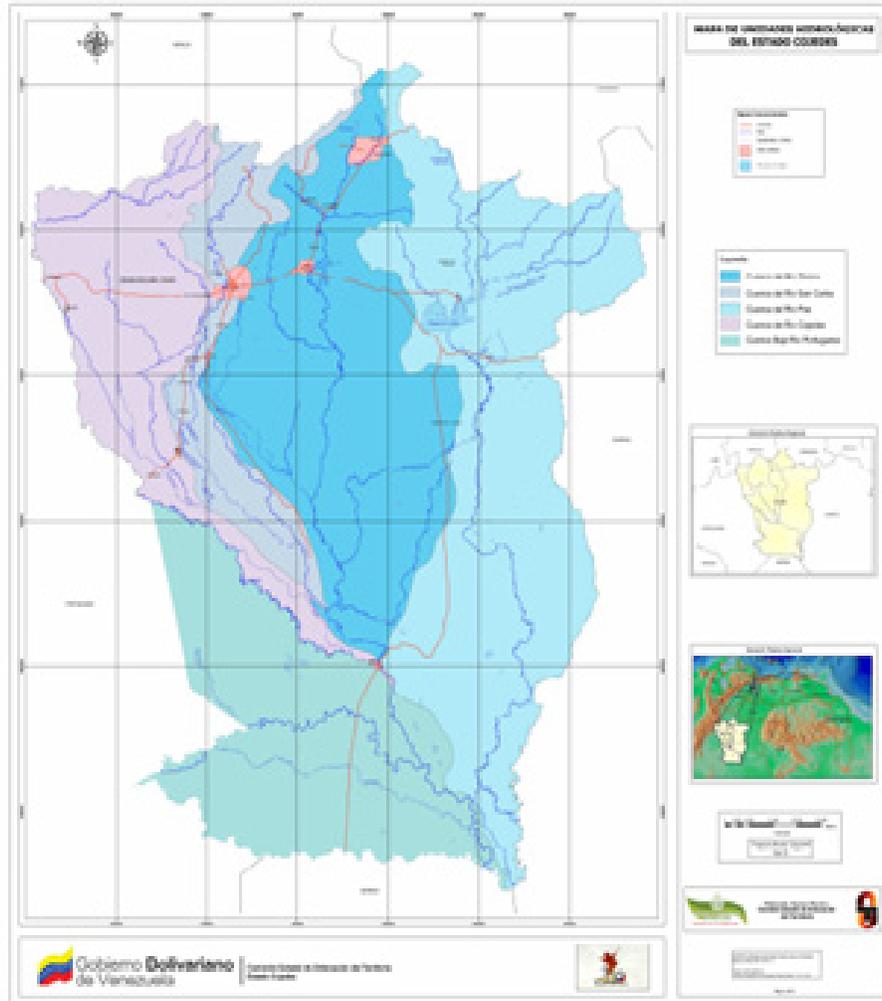
### Descripción general del área de estudio

2.1.1. Ubicación: el área de estudio se encuentra definida por la cuenca del río Tirgua. Según (Ruiz, 1990), el río Tirgua nace en la altura aproximada de 1.480 m en la confluencia de la fila de Bejuma con la fila de Aguirre en el Cerro San Isidro del estado

Yaracuy. Este río entra al estado Cojedes con una orientación Oeste – Sur y en su curso medio alto recibe numerosos afluentes con los cuales se convierte en un río de régimen permanente. Al Sur se une con el río Tinaco, desemboca luego en el río Cojedes a la altura

del poblado de San José. La cuenca del río Tírgua junto a las cuencas de los ríos Tinaco, río Pao y río Cojedes conforman la red hidrográfica del estado, que a su vez forma

parte directa de la cuenca del río Portuguesa y finalmente de la cuenca del río Orinoco. La Figura 1 muestra las principales unidades hidrográficas del estado Cojedes.



**Figura 1:** Unidades hidrográficas del estado Cojedes.

**Fuente:** Paredes (2006).

Climatología: UNELLEZ (1983) citado por Ruiz (1996), en la Tabla 1 se listan los valores derivados de los registros disponibles en las estaciones climáticas.

Tabla 1. Datos climatológicos.

Descripción	Características
Precipitación	La precipitación media anual: 1.430 mm. Precipitación máxima de 1.978 mm al Norte, y mínimo al Sur de 1.273 mm. Meses más húmedos Junio y Julio con 210 mm. Meses más secos: Enero y Febrero, con media mensual de 8 mm
Temperatura:	Promedio anual entre 26 y 27 °C, amplitudes térmicas anuales pequeñas. La temperatura muestra valores bajor hacia el Norte mientras lo opuesto se observa al sur como consecuencias de la altitud
Evaporación:	La evaporación media anual es de 1970.8 mm. Los valores más altos se presentan en febrero, marzo y abril, con registros de: 204.4 mm; 242.4 mm y 211.4 mm, respectivamente meses de mayo, junio, julio y agosto presentan los registros más bajos.
Humedad Relativa	Humedad relativa media anual es de 74%, con una media mínima anual de 69% y media máxima anual de 79%. Los valores mensuales medios más altos ocurren en junio, julio y agosto. Los valores más bajos coinciden con el período seco, el cual va desde enero a abril.
Viento	Velocidad media anual es de 4.0 Km/h, siendo las mayores velocidades promedio registradas en el lapso febrero-abril, mientras los valores más bajos suceden en julio hasta diciembre.
Balance Hídrico	Excesos de humedad entre mediados de mayo hasta noviembre (513 mm), mientras se manifiesta un déficit de humedad entre mediados de diciembre y hasta el mes de abril (432 mm). En los años secos los excedentes de agua se presentan entre julio a octubre con un escurrimiento de 162,2 mm y el déficit de agua ocurre entre diciembre y comienzos de mayo, con una demanda de 381,3 mm

**Fuente:** Equipo Técnico POTEC, estado Cojedes – SIGOT, 2010.

**Morfología:** La cuenca del río Tirgua nace entre los estados Yaracuy y Carabobo donde se puede distinguir montañas constituyendo el Pie de Monte; ambientes de colinas altas, caracterizadas por las diferentes galeras y filas de los llanos cojedeños donde sobresalen las galeras de El Pao y de El Baúl. La zona central de la cuenca se caracteriza por ser una planicie intermedia, al sur se ubican los llanos bajos. Ruiz (2.006).

Al Norte de Cojedes penetra la Serranía de Nirgua, que con el Pie de Monte constituyen las tierras más altas y continuas. La Serranía de Nirgua se prolonga a través de la Fila Tucuragua, donde se encuentra la mayor elevación de Cojedes, Cerro Azul (1.727 msnm).

La Unidad Geomorfológica predominante

en Cojedes son las Llanuras, estas abarcan casi la totalidad de los municipios Girardot, Ricaurte, Rómulo Gallegos, Tinaco y Pao San Juan Bautista. En el resto de los municipios prevalecen las Montañas, Colinas Altas y Bajas. Las Llanuras de Cojedes se agrupan en dos categorías: los Llanos Altos Centrales, entre las cotas 100 y 200 msnm, que forman una franja paralela a las tierras de montaña del Norte; y los Llanos Bajos, por debajo de los 100 msnm; una vasta planicie de desborde estacionales asociada a los ríos Tinaco, Tirgua, Pao y Cojedes (Ruiz, 1996), citado por Paredes (2009).

**Geología:** Según Hernández (1995), en el Estado Cojedes se distinguen tres grandes Unidades Geológicas (UG): La Cordillera Central: con sedimentos fuertemente plegados y fallados, de edad Cretácica a

Terciaria en el extremo Sur. En esta UG los sedimentos más antiguos pertenecen al Cretáceo Superior y contienen lutitas, metaconglomerados, areniscas calcáreas, calizas entre otros. Estas litologías están representadas por las Formaciones Cojedes, Pilancones, Las Placitas, Querecual y Mucaria. El Terciario Inferior lo conforman rocas de origen volcánico de la Formación Tiramuto, compuestas fundamentalmente por tobas, aglomerados, lavas básicas y limotitas tobáceas. El Terciario Medio y Superior son una secuencia de areniscas, limolitas, lutitas, lutitas marinas y conglomerados,

que se asocian a las Formaciones Orupe, Quebradón y Roblecito. Los Llanos Centrales: cubren la mayor parte de Cojedes. Se han identificado una secuencia de arenas, limos, arenas arcillosas, limosas y arcillas arenosas. El espesor de estos sedimentos varía entre unos pocos metros hasta 1.500 m de profundidad. Esta secuencia sedimentaria contiene lutitas marinas perteneciente a la Formación Roblecito. Complejos ígneos metamórficos de edad Paleozoica: afloran al sureste del Estado, y agrupan el esquisto de Tinaco, gneis de la Aguadita y algunas zonas de inyección.

### Objetivos del desarrollo sostenible

Los Objetivos de Desarrollo del Milenio se presentaron en el 2000 y fijaron el 2015 como meta para lograr los 8 objetivos y 28 metas planteadas. En 2012, en la Conferencia sobre Desarrollo Sostenible Río+20, se creó un grupo de trabajo para desarrollar un conjunto de objetivos de desarrollo sostenible. Tras un año de negociaciones, este grupo presentó la recomendación de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible con 169 metas (231 indicadores) planteando el horizonte 2015-2030. Estos objetivos son el resultado de

un proceso de negociación que involucró a los 193 Estados Miembros de la ONU y también la participación de la sociedad civil y otras partes interesadas. Esto llevó a la representación de una amplia gama de intereses y perspectivas. Estos objetivos se ilustran en la Figura 2.

El ODS 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.



Figura 2: Objetivos del Desarrollo Sostenible.

Fuente: Page Sofia Del. V. 2015.

El ODS 6, se desglosa en 6 metas, cada una de las cuales a su vez definen una serie

de indicadores siendo hasta ahora un total de 12. La Meta 6.4 señala: “De aquí a

2030, aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua”. Esta Meta establece 2 indicadores para su monitoreo: el 6.4.1 referido a la eficiencia en la utilización del agua (FAO) y el 6.4.2. Este último es el objetivo de esta investigación, con lo cual se definirá el nivel de presión ejercida sobre el agua (Estrés Hídrico), aplicado a la cuenca del río Tirgua. La Figura 3, destaca cada uno de los indicadores. La FAO por encomienda de ONU ha desarrollado la “Metodología de monitoreo paso a paso para el indicador 6.4.2” [http://SP\\_Step-by-step-methodology-6-4-2\\_Español](http://SP_Step-by-step-methodology-6-4-2_Español). Dicha metodología incluye lo siguiente:

Concepto de Monitoreo y Definición: este indicador proporciona una estimación de la presión, por parte de todos los sectores, sobre los recursos renovables de agua dulce del país. Un nivel bajo de estrés hídrico indica una situación donde la extracción combinada por todos los sectores es marginal en relación con los recursos, y por lo tanto tiene poco impacto potencial sobre la sostenibilidad de los recursos o sobre la potencial competencia entre los usuarios. Un nivel alto de estrés hídrico indica una situación donde la extracción combinada por todos los sectores representa una proporción considerable de los recursos renovables totales de agua dulce, con impactos potencialmente mayores sobre la sostenibilidad de los recursos y situaciones potenciales de conflictos y competencia entre los usuarios.



**Figura 3:** Indicadores del ODS 6

**Fuente:** <http://WWW.sdg6monitoring.org>

El indicador se calcula sobre la base de tres componentes, como se describe a continuación:

Recursos renovables totales de agua dulce; (Total Renewable Freshwater Resources, TRWR): expresados como la suma de (a) recursos hídricos renovables internos (Internal Renewable Water Resources; IRWR) y (b) recursos hídricos renovables externos (External Renewable Water Resources; ERWR). El término “recursos hídricos” se entiende aquí como recursos de agua dulce.

2.1.2.2.- La extracción total de agua dulce (Total Freshwater Withdrawal; TWW) es el

TWW = Extracción total de agua dulce

$ww_s$  = Extracción de agua por sector “s”. s = agricultura, industria, energía, etc.

$du_u$  = Uso directo de agua de la fuente “u”. u = uso directo de aguas residuales, uso directo agua de drenaje agrícola y uso de agua desalinizada.

Requisitos de caudales ambientales (Environmental Flow Requirements; EFR.) Son los volúmenes de agua que se requieren para sostener los ecosistemas de agua dulce y de estuarios. Los métodos de cálculo de

volumen de agua dulce extraída de su fuente (ríos, lagos, acuíferos) para la agricultura, las industrias, y municipalidades. La extracción de agua dulce incluye el agua dulce primaria, el agua dulce secundaria y agua subterránea fósil. La TWW se calcula en general como [la suma de la extracción de agua total por sector] menos [el uso directo de aguas residuales, uso directo de agua de drenaje agrícola, y uso de agua desalinizada]. La fórmula es:  $TWW = \sum ww_s - \sum du_u$ , donde:

los EFR son extremadamente variables y abarcan desde estimaciones globales hasta evaluaciones integrales de los cauces fluviales. La figura 4, señala las posibles entradas y extracciones de agua en la cuenca.

Recopilación de datos y cálculo del Indicador.

La determinación del indicador para efectos del control y seguimientos de los ODS cumple con un constante monitoreo, la información deben aportarla oficialmente los

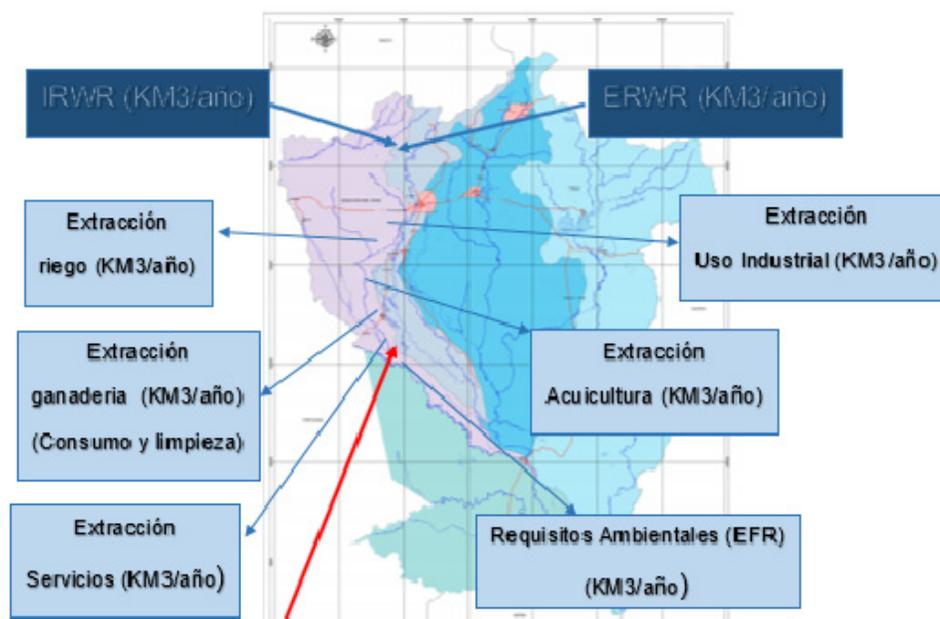
Países firmantes, a través de las Instituciones responsables en cada área. El indicador se calcula según la siguiente fórmula:

$$\text{Estrés Hídrico (\%)} = \frac{TFWW}{TRWR - EFR} * 100$$

Donde:

TFWW = Total de agua dulce extraída, al año que hace referencia.

TRWR = Recursos renovables totales de agua dulce.



**Figura 4.** Cuenca del río Tírgua: Ingreso y extracción de agua.

**Fuente:** Equipo técnico POTEC, estado Cojedes – SIGOT, 2010. Modificada por Sánchez, (2020)

## CONCLUSIONES

Nuestros recursos hídricos están sometidos a una gran presión, las demandas de agua para los diferentes usos hacen que esta tienda a faltar. Los principales usos están definidos por el agropecuario, industrial y doméstico o consumo humano. La disponibilidad del agua depende en gran medida de la variabilidad climática, pero también de las características de la cuenca receptora y de las prácticas o usos que en ella se desarrollan.

En el estado Cojedes, desde hace algún tiempo se viene hablando de la disminución progresiva del caudal del río Tírgua, al particular se han desarrollado una serie de investigaciones algunas en pleno desarrollo. Este trabajo se sumará esos esfuerzos por evidenciar la realidad del río Tírgua o río San Carlos, el cual es un río que atraviesa de Norte a Sur el estado bolivariano de Cojedes y que además de este cauce se abastecen de agua potable las tres principales ciudades del estado Cojedes San Carlos, Tinaquillo y Tinaco, además sus aguas permiten la recarga

de los acuíferos San Carlos, del municipio Rómulo Gallegos y parte del municipio Ricaurte. Sus tierras bajas son terrenos fértiles de gran vocación agrícola y pecuaria. Por lo que sus aguas son necesarias para el desarrollo de estos municipios.

El indicador 6.4.2 “Estrés Hídrico”, permitirá evaluar la condición de la cuenca y al umbral en que se encuentra comprometido sus recursos hídricos mediante la evaluación de los caudales que ingresan directamente por lluvia u otros aportes y permitirá determinar el consumo de agua para satisfacer los diferentes usos, pero además se incluye en su cálculo los requisitos ambientales, que no es más que la cantidad de agua que se debe reservar en el río para el mantenimiento de los ecosistemas y los caudales para la recreación de los usuarios. Este indicador permitirá definir cuán sustentable es, sobre la base del umbral en el que se encuentra para el momento del estudio la Cuenca del río San Carlos, según la siguiente valoración:

Según documento disponible en línea <http://WWW.dsg6.monitoring.org>: Los Objetivos del Milenio, consideran tres umbrales para evaluar los escasos de agua según sea la presión que se ejerce sobre ella. Se determina el grado de presión en porcentaje. Según los siguientes criterios se determina en que umbral se ubica el caso:

25 % debajo del cual No hay Escases

60 % indicando que se Acerca a la escasez

75% por encima del cual se identifica Alta Escasez

A los efectos de ODS, se considera que cuando este valor Estrés Hídrico (%) alcanza

el 70 % estamos ante una **grave escasez de agua**.

Pese al uso intensivo de los recursos hídricos en la cuenca del río Tírgua, nunca se ha evaluado cuán sustentable ha sido su aprovechamiento, por lo tanto, esto ha sido la principal motivación para plasmarlo en el marco de la tesis doctoral que sustenta este artículo, cuyos resultados serán de gran utilidad para las instituciones actuales y futuras que administran el recurso hídrico de la cuenca, y que además, proveerá un esquema de trabajo replicable a otras cuencas de importancia para Cojedes, como las cuencas del río Pao, Tinaco o Cojedes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chow V., Maidment D, y Mais L. (1988). Hidrología Aplicada. Mc Graw Hill Interamericana, S.A. Colombia. Pp. 1-19.
- GEMI. (2019). Guía para el Monitoreo Integrado del ODS 6: Metodología de monitoreo paso a paso para el Indicador 6.4.2. Recuperado de: [http://SP\\_Step-by-step-methodology-6-4-2\\_Español](http://SP_Step-by-step-methodology-6-4-2_Español).
- Hernández J. (1995). Informe geológico para el plan de perforación de la empresa Desarrollos Hidráulicos Cojedes D.H.C. San Carlos, Cojedes, Venezuela.
- Leguy C. et al. (1994). Diagnóstico Hidrogeológico y Evaluación de las Reservas de Aguas Subterráneas Renovables en la Zona Centro - Occidental del Estado Cojedes.
- MARNR. (2011). Plan de Ordenación del Territorial del Estado Cojedes. Documentos técnicos MARNR, 159 p.
- Paredes F. 2009. Nociones Elementales de Climatología del estado Cojedes. UNELLEZ. San Carlos. Venezuela.
- Page Sofía Del. V. (2015.) Indicadores ODS: objetivos, metas e indicadores con énfasis en los indicadores ambientales. Unidad de Estadísticas Económicas y Ambientales. División de estadística, CEPAL. Cuba.
- Ruiz, J., D. (1996). Evaluación de las reservas de las aguas subterráneas de la zona delimita por la Troncal 5 y los ríos Cojedes y Tinaco, en el estado Cojedes. Tesis Msc. UNELLEZ, Vice-Rectorado de Producción Agrícola. Guanare. Venezuela. 299 pp.
- UNWATER. (2018). Monitoreo Integrado del ODS 6. Guatemala. Recuperado de <http://WWW.dsg6.monitoring.org>.