

50

Fecha de presentación: diciembre, 2020

Fecha de aceptación: febrero, 2021

Fecha de publicación: marzo, 2021

CARACTERIZACIÓN

DE LAS FUENTES DE ABASTO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE CIENFUEGOS

CHARACTERIZATION OF THE WATER SUPPLY SOURCES OF THE MUNICIPALITY OF CIENFUEGOS

Belkys Carmen García López¹

E-mail: belkys.garcia@cfg.giat.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1449-1416>

Alejandro Valdés López²

E-mail: avlopez@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8503-3025>

¹ Universidad Ciencias Médicas Cienfuegos “Raúl Dorticós Torrado” Cuba.

² Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez” Cuba.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

García López, B. C., & Valdés López, A. (2021). Caracterización de las fuentes de abasto de agua del municipio de Cienfuegos. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(2), 463-472.

RESUMEN

En Cienfuegos, el acceso a los aspectos relacionados con las fuentes de abasto de agua, no se encuentra disponible en un folleto o informe, lo cual limita no solo la formación docente de implicados, sino también la gestión de riesgos. La investigación, tiene como objetivo, caracterizar las fuentes de abasto de agua del municipio de Cienfuegos. Se realiza una amplia revisión documental, que incluye la base de datos y balances de agua del sector hidráulico en el territorio. Fueron consultados 14 informantes claves (5 sobre el tema salud, higiene y epidemiología y 5 sobre manejo integrado del agua para el consumo humano), con los cuales se realiza, además, técnica de tormenta de ideas y de grupo focal. Como resultado se obtiene, un material de referencia para investigaciones.

Palabras clave: Gestión de riesgos, fuentes de abasto de agua, balances de agua, sector hidráulico.

ABSTRAC

In Cienfuegos, access to aspects related to water supply sources is difficult, which limits not only the teacher training of those involved, but also risk management. The objective of the research is to characterize the water supply sources of the municipality of Cienfuegos, for incorporation as a consultation document. A comprehensive documentary review is carried out that includes the database and water balances of the hydraulic sector in the province, as well as 14 key informants were consulted (7 on the subject of health, hygiene and epidemiology and 7 on integrated management of water for consumption human) with which it also performs brainstorming and focus group techniques. As a result, a reference material for research is obtained.

Keywords: Risk management, water supply sources, water balances, hydraulic sector.

INTRODUCCIÓN

Las aguas subterráneas tienen una amplia distribución territorial y son asequibles de forma relativamente fácil, económica, segura y adaptable al desarrollo y crecimiento de las necesidades, este recurso estratégico es parte del sistema integrado de la gestión hídrica, y elemento esencial del medio ambiente, de ahí su relevante papel para la sociedad (Collazo & Montaña, 2012).

El hecho de que en aquellos lugares en que existe agua subterránea, es relativamente fácil captarla sin recurrir a la realización de obras costosas y de un largo período de ejecución, ha provocado que, en general, haya habido una tendencia a aprovechar en mayor proporción los recursos de agua subterráneas para el abastecimiento de las poblaciones y la agricultura.

Las actividades antrópicas en el municipio de Cienfuegos, así como la inadecuada disposición de residuos sólidos, las actividades industriales poco cuidadosas, la aplicación de pesticidas y agroquímicos, la agricultura intensiva, el riego y la urbanización, son importantes amenazas de alteración de las características naturales de las aguas subterráneas, que conlleva a la contaminación en diversos grados, afectando así sus usos y las otras fases del ciclo hidrológico y del ambiente (Cerón, et al., 2021).

El suministro de agua apta para el consumo humano, se ha convertido en un dilema, que necesariamente, no puede ser manejado con enfoques rutinarios y sistémicos, por lo que se hace indispensable, considerar que la calidad del recurso agua servida, siempre tiene su punto de partida en el conocimiento que se tenga de la fuente natural de la que se dispone.

Se impone, el desarrollo de investigaciones, con enfoques prospectivos sobre la base de la toma de decisiones. Construir el futuro, implica dar un paso adelante a la anticipación (García, 2015) y demanda una responsabilidad sobre el presente.

DESARROLLO

La gestión de la calidad del agua contribuye directa e indirectamente a alcanzar las metas establecidas en cada uno de los ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), aunque está más estrechamente vinculada al Objetivo 7, dirigido a garantizar la sostenibilidad medioambiental. Se pueden usar los indicadores relacionados con la calidad del agua para demostrar los progresos hacia la consecución de las metas, trazando las tendencias en el tiempo y en el espacio (Kumar, et al., 2021).

Las aguas subterráneas suelen ser más difíciles de contaminar que las superficiales, pero cuando esta

contaminación se produce, es más difícil de eliminar. Sucede esto porque las aguas del subsuelo, tienen un ritmo de renovación muy lento. Se calcula que mientras el tiempo de permanencia medio del agua en los ríos es de días, en un acuífero es de cientos de años, lo que hace muy difícil su purificación (García & Gutiérrez, 2017).

Estas aguas, son una de las principales fuentes de suministro para uso doméstico y para el riego en muchas partes del mundo. En muchos lugares en los que las precipitaciones son escasas e irregulares, pero el clima es muy apto para la agricultura, son un recurso vital y una gran fuente de riqueza ya que permiten cultivar productos muy apreciados en los mercados internacionales (Cuéllar, et al., 2018).

Las actividades que suelen provocar contaminación puntual son:

- Lixiviados de vertederos de residuos urbanos y fugas de aguas residuales que se infiltran en el terreno.
- Lixiviados de vertederos industriales, derrubios de minas, depósitos de residuos radiactivos o tóxicos mal aislados, gasolineras con fugas en sus depósitos de combustible, etc.
- Pozos sépticos y acumulaciones de purines procedentes de las granjas. Este tipo de contaminación suele ser más intensa junto al lugar de origen y se va diluyendo al alejarnos.

La dirección que sigue el flujo del agua del subsuelo, influye de forma muy importante en determinar en qué lugares los pozos tendrán agua contaminada y en cuáles no. Puede suceder que un lugar relativamente cercano al foco contaminante tenga agua limpia, porque la corriente subterránea aleja el contaminante de ese lugar y al revés (Betancourt, et al., 2010).

La contaminación difusa suele estar provocada por:

- Uso excesivo de fertilizantes y pesticidas en la agricultura o en las prácticas forestales.
- Explotación excesiva de los acuíferos que facilita el que las aguas salinas invadan la zona de aguas dulces, por desplazamiento de la interface entre los dos tipos de aguas.

Este tipo de contaminación puede provocar situaciones especialmente preocupantes con el paso del tiempo, al ir cargándose de contaminación, lenta pero continuamente, zonas muy extensas (Sayess, et al., 2011).

Cienfuegos, es una de las provincias que mejores condiciones presenta en cuanto a disponibilidad del recurso agua, muchos de sus embalses se encuentran subutilizados, y a pesar de ello el abasto de agua a la ciudad es

insuficiente, en cuanto a cantidad y calidad, llegando a ser el ciclo de abasto de hasta 11 días y presentando altos niveles de turbiedad, fundamentalmente en el período lluvioso.

La ciudad se caracteriza por ser uno de los polos industriales más importantes del país, y en los últimos años se ha incrementado de manera considerable el desarrollo del turismo, por lo que urge una inversión hidráulica, que garantice no solamente la demanda actual de los distintos usuarios, sino también al crecimiento futuro de la población y el sector económico.

La degradación del medio ambiente y la falta de agua limpia, plantean retos fundamentales para el desarrollo sostenible. Los avances socioeconómicos no pueden sostenerse si no hay aire limpio para respirar, agua salubre para beber, suelos sanos para la producción agropecuaria y un medio ambiente limpio y estable en el que se sustente el trabajo y la vida (Pino & Coarita, 2018).

El agua potable, es un recurso vital para impedir y disminuir la proliferación de enfermedades relacionadas con la falta de saneamiento y la salud (González & Chiroles, 2010), criterios con los que coincide la autora del presente trabajo.

Es muy importante al abordar la caracterización de las fuentes de abasto considerar el diseño de las Zonas de Protección Sanitaria (Boza, 2015).

Existen 7 cuencas subterráneas, distribuidas en toda la provincia de Cienfuegos de acuerdo a sus condiciones hidrogeológicas, relacionadas con la hidrografía, el clima y la geología, estas se encuentran distribuidas en diferentes horizontes acuíferos (Tabla 1), abasteciendo a 223 pozos, de ellos 130 monitoreados semestralmente por la red de calidad de agua y 34 de forma mensual.

Tabla 1. Características principales de las cuencas subterráneas en la provincia de Cienfuegos.

Cuencas Subterráneas	Área (Km ²)	Reservas dinámicas (Hm ³)	Densidad. Hm ³ /Km ²
Hanábana (CF-1).	980.8	130.28	0.133
Juraguá (CF-2).	142.0	15.49	0.109
Abreus (CF-3).	432.6	16.23	0.037
Cartagena (CF-4).	565.2	9.0	0.016
Santa Isabel de las Lajas (CF-5).	435.2	2.3	0.005
Cienfuegos (CF-6)	425.7	10.5	0.025
Cumanayagua (CF-7).	531.9	6.4	0.012
PROVINCIA	3513.4	190.2	0.054

Sobre la base de los aspectos debatidos con anterioridad se lleva a cabo una caracterización de las 6 fuentes de abasto pertenecientes a la cuenca subterránea (Cienfuegos CF-6), que abastecen al municipio de Cienfuegos. Esta caracterización se realiza mediante la observación presencial en cada fuente.

- Santa Rosa

Es una fuente de abasto humano, que se encuentra ubicada en la cuenca subterránea CF6 Cienfuegos y superficial del Damují abarcando hasta la subcuenca del San Cristóbal. De esta fuente se abastecen 147 usuarios.

En relación con las ZPS, esta fuente no cumple con los parámetros establecidos pues se encuentra a menos de 100 metros de viviendas, siendo afectada por los escurrimientos de las mismas.

La estación de bombeo de esta fuente está protegida por paredes de mampostería con techo de placa, piso de cemento con estado técnico bueno y la cerca perimetral, presentando además el nivel de acceso bien delimitado.

El tipo de bomba de la cual dispone la estación de bombeo, es del tipo sumergible Grunfo, con un gasto de 2 l.s⁻¹ y una carga de 35 m en buen estado técnico y el motor es de 220-1F con una potencia de 1,5 kW también en buen estado técnico.

El bombeo que se realiza de la estación es durante 4 h, contando con un equipo de desinfección, pero no cuentan con grupo electrógeno.

- La Caridad

Es una fuente de abasto humano, que se encuentra ubicada en la cuenca subterránea CF6 Cienfuegos y superficial del Salado, en un afluente del Saladito y desde la cual se abastecen 2 500 usuarios. Alrededor de la misma se localizan viviendas donde se crían animales de corral. Existe además un convenio con la Empresa Porcina, que aunque tiene su sistema de tratamiento alejado de esta fuente a más de 100 metros, por las dimensiones del mismo hay que tenerlo en cuenta.

La protección de la estación de bombeo es mediante paredes de mampostería con techo de placa, el piso es de cemento con un estado técnico bueno y el acceso es asequible. El tipo de bomba es sumergible del tipo Wilo con un gasto de 25 l.s⁻¹ y una carga de 30 m en un estado técnico bueno. El motor es de 220-3F con una potencia de 37 kW en buen estado técnico.

El bombeo que se realiza es durante 4 h, contando con equipo de desinfección y con grupo electrógeno.

- San Antón

Es una fuente de abasto humano ubicada en la cuenca subterránea CF7 Cumanayagua y superficial del Arimao, desde la cual se abastecen 672 usuarios. La misma está ubicada a menos de 100 metros de viviendas y existen residuales en las proximidades de la zona de alimentación, no se observa pastoreo aunque dentro del perímetro de la ZPS hay una vaquería.

La protección de la estación de bombeo es mediante paredes de mampostería con techo de placa, en mal estado, el piso es de cemento con un estado técnico bueno y el acceso es bueno.

El tipo de bomba que utiliza la estación, es una sumergible Wilo con un gasto de 5 l.s^{-1} y una carga de 50 m en un estado técnico bueno. El motor es de 220-3F con una potencia de 2,2 kW en buen estado técnico, el bombeo es durante 9 h, si tienen equipo de desinfección y no cuentan con grupo electrógeno.

- Alegría

Es una fuente de abasto humano ubicada en la cuenca subterránea CF6 Cienfuegos y superficial del Caonao por uno de sus afluentes de la margen derecha, desde la cual se abastecen 250 usuarios. La misma está rodeada del cultivo de la caña de azúcar principalmente.

La protección de la estación de bombeo es mediante paredes de mampostería con techo de placa, en buen estado técnico y el piso es de cemento con mal estado técnico siendo muy difícil el acceso al lugar. El tipo de bomba es sumergible Grunfo con un gasto de 2 l.s^{-1} y una carga de 25 m en buen estado técnico. El motor de la bomba es de 220-1F con una potencia de 1,1 kW en buen estado técnico y el bombeo es durante 5 h. Existe equipo de desinfección y no cuentan con grupo electrógeno.

- Santa Martina

Es una fuente de abasto humano ubicada en la cuenca subterránea CF7 Cumanayagua y superficial del Arimao, desde la cual se abastecen 273 usuarios. La misma está próxima al cauce del Arimao, existiendo gran variedad de cultivos que la rodean y aguas arriba por el río, se constatan concesiones mineras (arena).

La protección de la estación de bombeo es mediante paredes de mampostería con techo de placa, en un estado regular y el piso es de cemento en igual estado, el acceso es malo. El tipo de bomba es sumergible Wilo con un gasto de 10 l.s^{-1} y una carga de 90 m en buen estado técnico. El motor es de 220-3F con una potencia de 18 kW en buen estado técnico. El bombeo que se realiza del lugar es durante 8 h, tienen equipo de desinfección y no cuentan con grupo electrógeno.

- Quesada

Es una fuente de abasto humano ubicada en la cuenca subterránea CF7 Cumanayagua y superficial del Caonao, desde la cual se abastecen 262 usuarios. La fuente está próxima a viviendas con sembrados y crías de animales.

La protección de la estación de bombeo es mediante paredes de mampostería con techo de fibrocemento, con deterioro de su estado y el piso es de cemento en similares condiciones, el acceso es bueno.

El tipo de bomba que utiliza es sumergible Wilo con un gasto de 2 l.s^{-1} y una carga de 30 m en buen estado técnico. El motor es de 220-1F con una potencia de 1,5 kW en buen estado técnico.

El bombeo que se realiza es durante 9 h, si tienen equipo de desinfección y no cuentan con grupo electrógeno.

Suelo y relieve

Las características que presentan los suelos en cada una de las fuentes se describen de conjunto con la forma que adopta el relieve en cada zona. Estos aspectos fueron facilitados por las Empresa de Geocuba y la Empresa de Investigaciones Aplicadas en Cienfuegos así como el Instituto de Geología y Paleontología.

En Santa Rosa predomina un suelo **oscuro plástico no gleyzado pardo oscuro con materiales transportados carbonatados o no, con** materiales aluviales y diluviales recientes, carbonatado, profundo, medianamente humificado, típico, de mediana profundidad efectiva, de pendiente predominantemente llana.

Alegría tiene un suelo pardo con carbonatos típico, sobre roca ígnea intermedia y caliza suave, no carbonatado. Poco profundo, medianamente humificado, medianamente lavado, grava, de poca gravillosidad, poca profundidad efectiva, de pendiente casi llana.

San Antón se caracteriza por la existencia de un suelo húmico carbonático, típico, de roca ígnea intermedia y caliza dura, solonchakado, poco profundo, humificado, de mediana erosión, carbonatado, loam arcilloso, muy pedregoso, muy poco profundo de pendiente predominantemente alomado.

La rendzina roja, es el suelo que se encuentra en La Caridad, típico sobre caliza dura, carbonatado, poco profundo, humificado, de poca erosión, carbonatado, loam arenoso, muy poco profundo de pendiente ligeramente ondulada.

Santa Martina está asociada al suelo del tipo aluvial, estratificado sobre materiales aluviales y diluviales recientes,

carbonatado, profundo, poco humificado, carbonatado, loam arenoso, muy profundo, de pendiente llana.

En Quesada es típico el suelo fersialítico rojo pardusco ferromagnésico, típico sobre caliza suave, carbonatado, poco profundo, muy humificado, de poca erosión, carbonatado, loam arcilloso, fuertemente ondulado y muy poco profundo.

Bolivia presenta un suelo fersialítico rojo lixiviado, típico sobre caliza dura, saturado, muy profundo, poco humificado, loam arcilloso de pendiente llana.

Geología

Estas fuentes de abasto se encuentran ubicadas en 5 formaciones geológicas cuyas características son:

Fm. Vaquería (vqr)

Litología diagnóstica: calizas microgranulares, arenosas, dentríticas biogénicas con huellas de jeroglíficos, margas calcáreas, arenas arcillosas, que alternan con capas o paquetes de tobas vitroclásticas, brechaconglomeradas calcáreas, arcillas bentoníticas, limolitas y granulitas calcáreas. La unidad presenta en general aspecto flyshchoide, las margas y calizas tienen textura masiva a veces granular.

Edad: Cretácico Superior (Maastrichtiano superior) - Eoceno medio.

Espesor: 800 m aproximadamente.

Las fuentes que pertenecen a esta formación son Quesada y Santa Martina.

Fm. Saladito (sld)

Litología diagnóstica: está representada por una serie carbonática constituida por calizas blandas, masiva y compactas beadentríticas, arenosas, calizas biodentríticas poligénicas de coloración blanca o amarilla - crema de estratificación gruesa y de textura masiva o brecha. Con mayor frecuencia el dentrítico de estos paradas de fragmentos de corales, algas foraminíferas y otros organismos.

Edad: Eoceno Superior - Oligoceno Inferior.

Espesor: No sobrepasa los 170 m.

Pertenece a esta formación la fuente La caridad.

Fm. Caonao (cn)

Litología diagnóstica: constituida por conglomerados, areniscas, algas polimícticas de granulometría diversa y calizas dentríticas, algas foraminíferas, calizas de texturas brechosa y biógeno - arenosa.

Edad: Eoceno Superior - Oligoceno inferior.

Las fuentes que pertenecen a esta formación son Santa Rosa y Alegría.

Formación Villarroja (vr)

Litología diagnóstica: Arcillas arenosas y arenolimosas, arenas arcillosas y arenas cuarzosas de distintas granulometrías, pigmentadas por hidróxidos de hierro (goethita). Contiene finos lentes y capas de grava de tamaño variado, frecuentemente con buen redondeamiento y selección, constituidos por cuarzo y más subordinadamente por fragmentos de hardpan, así como concreciones ferruginosas. Las arcillas son principalmente esmectita y caolinita. La estratificación es poco discernible, localmente lenticular. Tonalidades variables, de rojo amarillento a rojo violáceo.

Edad: De acuerdo a su posición estratigráfica se le ha asignado una edad Pleistoceno Superior.

Espesor: oscila entre 2 y 40 m. Su valor frecuente es de 2-3 m.

Pertenece a esta formación la fuente de abasto Bolivia.

Q₄al-Depósitos aluviales

Presencia de limos, limos arenosos, arcilla arenosa con intercalaciones de gravas y guijarros pequeños. El espesor se encuentra entre 3 y 5 m.

La fuente que presenta estos depósitos es Santa Martina.

Los datos que conforman los 7 aspectos que a continuación se describen fueron aportados por el Centro Provincial de Meteorología en Cienfuegos.

Clima

Dada la posición geográfica de nuestro país, el clima de Cuba y por ende el del municipio de Cienfuegos, recibe la influencia estacional de las zonas de circulación atmosférica tropical y extratropical, lo que determina dos estaciones al año con diferencias marcadas. En la temporada que va aproximadamente de noviembre a abril, las variaciones del tiempo y el clima están asociadas fundamentalmente al paso de sistemas frontales, a la influencia anticiclónica de origen continental y de centros de bajas presiones extratropicales. De mayo a octubre predomina la influencia más o menos marcada del anticiclón del Atlántico Norte y los cambios más importantes en el tiempo se vinculan con la presencia de disturbios en la circulación tropical (ondas del este y ciclones tropicales), vaguadas en el flujo de los Oestes, bajas de desprendimiento en la altura y líneas de Turbonadas. Desde el punto de vista local el clima del municipio, está influenciado

principalmente por la cercanía al mar, factor que modifica significativamente el campo de temperatura y vientos fundamentalmente.

Temperatura del aire

En correspondencia con el máximo estival de la radiación solar global, la temperatura del aire en el municipio alcanza su máximo anual en los meses de julio y agosto, mientras que el mínimo de la marcha anual ocurra en enero y diciembre. Los valores medios de esta variable son altos, el valor medio anual de temperatura es de 24,7 °C y el mayor valor medio mensual 27,0 °C se presenta en julio mientras que el mínimo en enero con 21,5°C. (Figura 1).

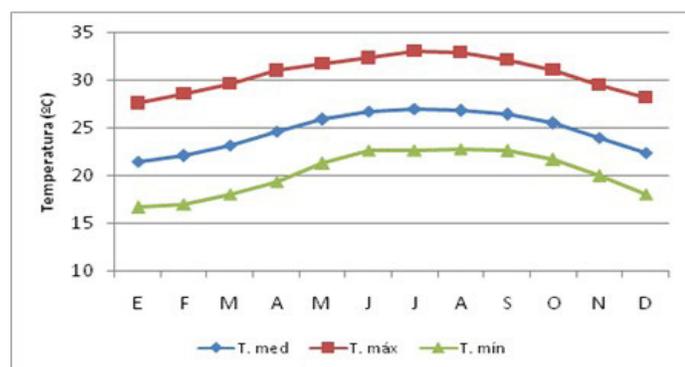


Figura 1. Marcha anual de la temperatura media en el período 1977-2021.

Las temperaturas mínimas por debajo de los 20 °C ocurren entre finales del mes de noviembre y principio de

Tabla 2. Humedad relativa media mensual (%). Período 1977-2021.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Cienfuegos	75	72	70	69	74	78	77	79	81	81	79	77

Precipitación

La lluvia es la variable de mayor contraste espacial y temporal en Cuba y se reconocen dos temporadas muy bien marcadas: lluviosa (de mayo a octubre) donde cae aproximadamente el 80 % del total de lluvia anual y poco lluviosa (de noviembre a abril). El acumulado medio anual en el municipio Cienfuegos es de 1 256 mm de los cuales 1 014 mm caen en el período lluvioso y 242 mm en el período poco lluvioso. El mes más lluvioso, junio, presenta un acumulado medio de 223 mm mientras que diciembre es el mes más seco del año con solo 17,8 mm (Figura 2).

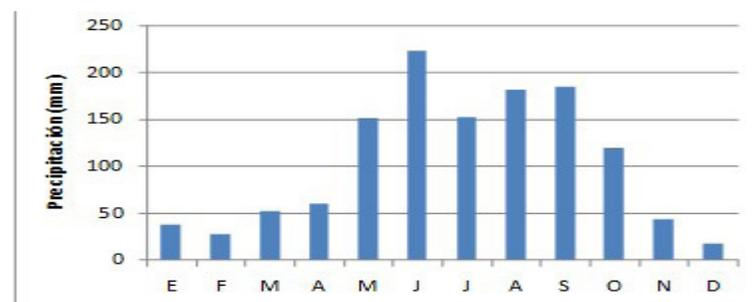


Figura 2. Marcha anual de las precipitaciones en el período 1961-2000.

Las mayores precipitaciones en el municipio se concentran hacia el norte del mismo con acumulados anuales que pueden llegar a ser mayores de 1 400 mm, incluso mayores a 1 500 mm en el noroeste del territorio. Los acumulados van disminuyendo gradualmente de norte a sur presentándose las zonas más secas del municipio hacia toda la franja costera con acumulados inferiores a los 1 200 mm al año (Figura 3).

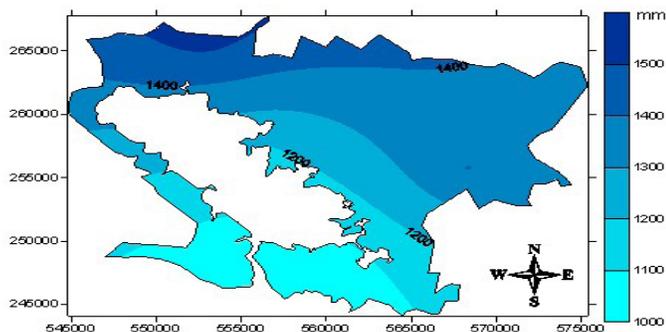


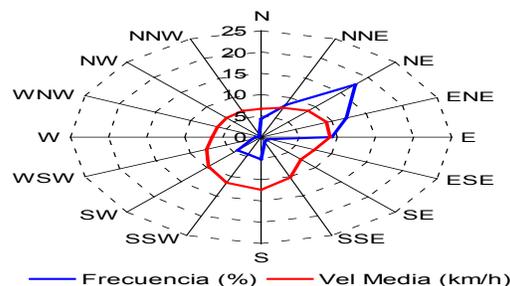
Figura 3. Mapa de la marcha anual de las precipitaciones en el período 1967-2021.

Las lluvias intensas (acumulados en 24 horas ≥ 100 mm) tienen su máxima frecuencia en el período lluvioso del año, específicamente en los meses de mayo, junio y octubre. La génesis de este tipo de precipitación severa en la zona se asocia fundamentalmente a los ciclones tropicales y a las hondonadas características de los meses de mayo y junio.

El mayor acumulado en 24 horas (867 mm) se registró el día 1ro de junio de 1988. La situación meteorológica que propició este acumulado estuvo debida a un complejo proceso asociado a la conexión entre una débil depresión tropical en el Noroeste del Caribe, y una profunda onda corta en los Oestes, lo cual incentivó el desarrollo de una intensa banda de nublados convectivos. Este sistema produjo lluvias intensas entre el 31 de mayo y el 1 de junio (Figura 4).

Régimen de vientos

En general, en la zona están mayormente establecidos los vientos de componente Nordeste. De noviembre a abril predominan rumbos del primer cuadrante (Nordeste NE – Estenordeste ENE), debido a la influencia de los sistemas meteorológicos de la temporada invernal; mientras que en el período lluvioso los vientos giran más al Este. Las velocidades máximas del viento ocurren al paso de los anticiclones continentales migratorios, los frentes fríos, ciclones extratropicales, tormentas locales severas, huracanes, entre otros fenómenos.



Frecuencias de calmas: 26,9 %

Figura 4. Rosa de los vientos anuales del período 1967-2021.

En la zona de estudio resulta de interés los sistemas de vientos locales, en este caso la influencia de las brisas de mar y tierra, que se refuerzan o debilitan en dependencia del flujo predominante del viento. Las brisas de mar tienen lugar fundamentalmente en el horario del mediodía y la tarde coincidiendo con el horario de mayor calentamiento y tiene direcciones predominantes del Sura al Suroeste con velocidades entre 10-15 km/h, que pueden establecerse incluso bajo determinadas situaciones sinópticas desde horas de la mañana y extenderse hasta horas avanzadas de la noche con valores superiores a los anteriormente mencionados. En el horario nocturno predominan los vientos flojos, generalmente comprendidos entre el Norte-nordeste y el Este-nordeste, con una marcada preferencia de región Nordeste (Figura 5).

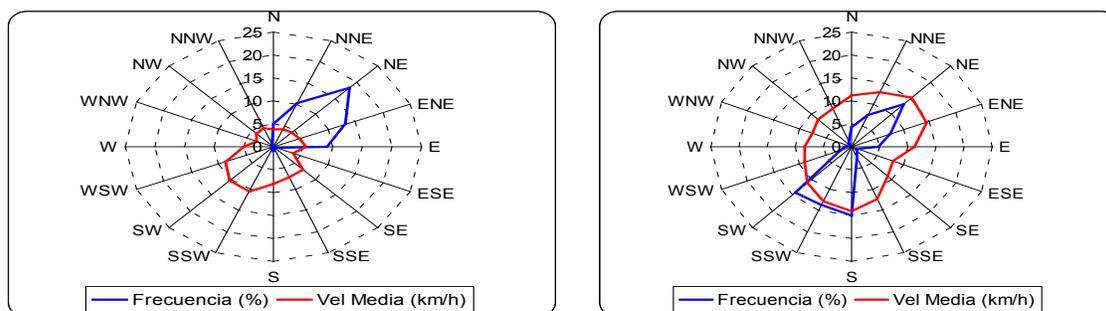


Figura 5. Frecuencia del viento por rumbos a las 4:00 am (izquierda) y a las 4:00 pm (derecha) en el período 1977-2021.

En cuanto a la rapidez media del viento, se puede decir que los vientos en Cuba no suelen tener velocidades muy elevadas, como promedio. Los máximos valores ocurren durante el día, generalmente en las primeras horas de la tarde; y los mínimos se observan en las horas de la noche y la madrugada, predominando las calmas. Como se puede observar en Cienfuegos las medias mensuales no superan los 10 km/h. Las mayores velocidades medias se registran en los meses del período poco lluvioso, generalmente asociado al efecto de los anticiclones continentales migratorios que siguen a los sistemas frontales. Por su parte los mínimos en los valores medios de la velocidad del viento se reportan en los meses del período lluvioso del año (Figura 6).



Figura 6. Marcha anual de la velocidad media del viento en el período 1977-2021.

Evaporación

La evaporación desde la superficie libre del agua varía de acuerdo con la influencia de diversos elementos meteorológicos y de la naturaleza de la superficie evaporante. Energéticamente la radiación solar resulta el factor más importante, ya que determina una distribución de acuerdo con la latitud, la época del año, la hora del día, o simplemente el estado del cielo. Los factores hidrometeorológicos más importantes que influyen en la evaporación son: la tensión de vapor de agua, la temperatura del aire, la rapidez del viento y la presión atmosférica.

Por su latitud, Cuba se encuentra situada en la zona de mayor potencial evaporante de la atmósfera ya que su posición geográfica la ubican en la zona donde la acción continúa de los vientos alisios, los cuales provocan la difusión constante del vapor de agua. Las áreas de mayor evaporación se encuentran hacia las zonas costeras y los mínimos se ubican en las zonas montañosas.

En el caso del municipio Cienfuegos los meses de mayor evaporación son marzo, abril y mayo, período en que predomina la poca nubosidad, con una consecuente mayor insolación y además coinciden con los meses de menor humedad relativa y mayor velocidad media del viento, factores todos que condicionan el aumento de la evaporación (Figura 7).

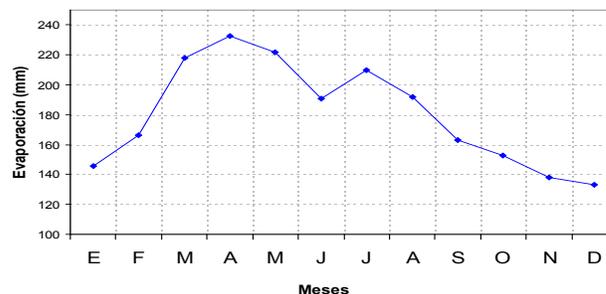


Figura 7. Tasa mensual de evaporación en el período 1967-2021.

Nubosidad

En el municipio a partir de mayo se presenta un aumento de la cubierta nubosa, fundamentalmente en el horario diurno que llega a tener dos máximos bien establecidos, uno en el mes de junio y otro en agosto y septiembre, con una disminución relativa en julio. Hacia los últimos meses del año vuelve a presentarse un decrecimiento de la nubosidad que se hace mínimo en los primeros meses del año (Figura 8).

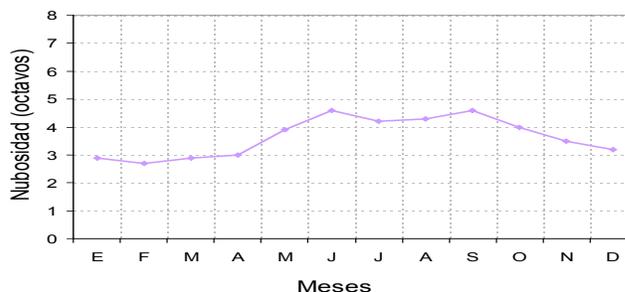


Figura 8. Comportamiento anual de la nubosidad diurna (Octavos). Estación Meteorológica de Cienfuegos en el período 1977-2021.

En cuanto al análisis por horarios de forma general el máximo de nubosidad durante el día se alcanza en el horario de las 4:00 pm, mientras que el mínimo se registra en la madrugada (4:00 am), Figura 9.

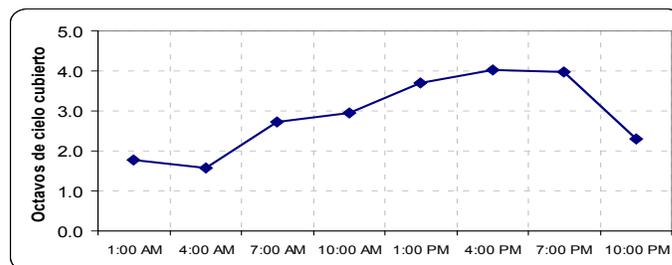


Figura 9. Comportamiento diario de la nubosidad en el período 1998-2021.

La Dirección Técnica de la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico Cienfuegos, facilita una serie de datos, que una vez procesados, traducen la información que se ofrece en los 3 aspectos siguientes.

Hidrografía

Al municipio responden 94 cuencas hidrográficas, de ellas, al Mar Caribe se incorporan 23 conociendo que el Arimao tributa una salida a esta dirección y la otra a bahía. Sin tener en cuenta lo anterior a la Bahía descargan 70 cuencas.

Nacen en el municipio 84 cuencas distribuidas como sigue:

Áreas menores de 5 km²: 83

Entre 5 – 10 km²: 5

Entre 10 – 20 km²: 2

Entre 20 – 50 km²: 1

Entre 50 – 75 km²: 1 y

Mayores de 75 km²: 2 cuencas. Al finalizar las descargas los ríos en el municipio ya sea en la zona costera o en partes significativas de la geografía municipal se producen inundaciones que dependen de las intensidades de las precipitaciones que se sucedan.

Hidrología

Intervienen 6 cuencas subterráneas, la CF2 Juraguá al suroeste, la CF3 Abreus al norte, al noreste la CF6 Cienfuegos que es la de mayor representatividad en el municipio y la CF7 Cumanayagua hacia la parte sursureste.

La cuenca CF3 presenta un incremento en los gastos específicos desde la parte costera hacia el interior o norte del municipio llegando a 2,5 l.s⁻¹. La cuenca CF2 es de mayor acuosidad, existe intercambio con el mar ya que es una cuenca abierta. La CF6 presenta una disminución de los gastos hacia el noreste, hacia el norte existe un ligero incremento que llega a 2,5 l.s⁻¹ y hacia el sur el incremento en el gasto específico es hasta los 5 l.s⁻¹. La CF7 representa una cuña en aumento desde el noreste al suroeste, llegando a 30 – 50 l.s⁻¹.

En este municipio las fuentes que son evaluadas son en la CF6: Santa Rosa, Alegría y La Caridad, en la CF7: Santa Martina, Quesada y San Antón.

El abatimiento está en correspondencia con los gastos específicos, donde tenemos gastos altos, el abatimiento es menor y viceversa.

Estado de las aguas subterráneas. Calidad bacteriológica y físico-química

Quesada

Esta fuente en los valores medios no tiene ninguna determinación con valores por encima de lo permitido por la norma, pero desde el año 2014 tiene los nitratos fuera de norma con una tendencia a aumentar.

Santa Martina

Esta fuente tiene en los valores medios valores superiores a lo permitido por la norma en el nitrato, los Coliformes Totales y Termotolerantes. El agua es Bicarbonatada Cálctica.

San Antón

Esta fuente presenta alteraciones por encima de la norma, en los nitritos y los Coliformes Totales. El agua es Bicarbonatada Cálctica.

Santa Rosa

En esta fuente no existen alteraciones físico-químico o bacteriológicas. El agua es Bicarbonatada Cálctica.

Alegría

Esta fuente no reporta en sus valores medios ningún parámetro por encima de lo permitido por la norma, aunque en algunos muestreos sí ha tenido los Coliformes Termotolerantes y los nitritos alterados. El agua es Bicarbonatada Cálctica.

La Caridad

Esta fuente no tiene ninguna determinación por encima de lo permitido por la norma. El agua es Bicarbonatada Cálctica.

Bolivia

Fuente subterránea de abasto humano sobre la cuenca Juraguá y subterránea del CF1 Juraguá. La misma a pesar de encontrarse en el municipio de Abreus es operada por Cienfuegos. Todas las determinaciones realizadas están dentro de los valores permitidos por la norma vigente, se comenzó a muestrear este año (2015). El agua es Bicarbonatada Cálctica.

Fuentes contaminantes

Por los límites de las ZPS se observan posibles focos contaminantes que pueden incidir en estas fuentes de estudio, las que se relacionan (Boza, 2015):

Alegría. En las zonas próximas a la fuente se localiza cultivos, la caña de azúcar, almacenes, animales y cercano

una cochiguera perteneciente a la CCS_F Manuel Ascunce Domenech en la finca Los Güines (5674).

San Antón. Parte del propio asentamiento San Antón (5334), bebedero de animales estabulados y pastoreo extensivo.

Santa Rosa. Interviene parte del propio asentamiento y la cochiguera de la CCS_F Manuel Ascunce Domenech de finca La Caridad (5711).

La Caridad. Viviendas del asentamiento La Caridad (5255) con las soluciones independientes, la cochiguera perteneciente a la CCS_F Jorge Alfonso Delgado (5930) y la cochiguera de la CCS_F Luis Arcos Bergnes en la finca La Caridad (5658).

Quesada. El asentamiento de Quesada (5335) y el vertedero de la localidad (5854).

Santa Martina. Cultivos varios, parte del asentamiento (5365), la reforestación del cauce aguas arriba y las Areneras 1 y 2 (5780).

Bolivia. Parte del asentamiento (5318), cultivos y taller de riego.

CONCLUSIONES

La caracterización de las fuentes de abasto de agua en Cienfuegos, constituye un material docente, fundamentado a nivel teórico y con novedad conceptual.

La investigación propone a nivel metodológico, los aspectos necesarios para gestionar el proceso de caracterización de las diferentes fuentes de abasto, considerando la multicausalidad e indicadores de estructura.

La estructura propuesta a la caracterización realizada, contribuye a la toma de decisiones en relación con riesgos hídricos que se pesquisan durante el proceso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Betancourt, C., Suárez, R., Concepción, E., & Herrera, H. (2012). Tendencia de los componentes mayoritarios del agua de cuatro embalses en el centro-sur cubano, durante un período de veinte años. *Gestión Ambiental*, 23, 51-65.

Boza, M. (2015). Diseño de zonas de Protección Sanitaria. INRH.

Cerón, L., Sarria, J. D., Torres, J. S., & Soto-Paz, J. (2021). Agua subterránea: tendencias y desarrollo científico. *Información Tecnológica*, 32(1), 47-52.

Collazo, M., & Montaña, J. (2012). *Manual de Agua Subterránea*. MGAP.

Cuéllar, L., Maldonado Cantillo, M., & Cepeda, S. (2018). Calidad sanitaria del agua de consumo intradomiciliario en la ciudad de Sancti Spíritus. *Hig. Sanid. Ambient.*, 18(1), 1589-1595.

García, B. (2015). Plan de manejo para la contaminación por hierro en Antonio Sánchez. (Tesis Maestría). Universidad de Cienfuegos.

García, J. M., & Gutiérrez, J. B. (2017). La gestión de cuencas hidrográficas en Cuba. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos.

González González, I., & Chiroles Rubalcaba, S. (2010). Seguridad del agua en situaciones de emergencia y desastres. Peligros microbiológicos y su evaluación. *Rev Cubana Hig Epidemiol.*, 48(1).

Kumar, M., Shekharb, A., & Jenifer, M. A. (2021) Assessing groundwater quality for drinking water supply using hybrid fuzzy-GIS-based water quality index *Water Research*, 179(5).

Pino, V., & Coarita, A. (2018). Hydrogeological characterization to determine the deterioration of water quality in the yarada media aquifer. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(4), 477-490.

Sayess, R., Eyring, A. M., & Reckhow, D. A. (2011). Source and drinking water organic and total iodine and correlation with water quality parameters. *Water Research*, 190(15).