

Aguas superficiales y subterráneas en el Gran Humedal del Norte de Ciego de Ávila

MSc. Ing. Vania Mireya Vidal Olivera

Centro de Investigaciones en Bioalimentos (CIBA). Morón, Ciego de Ávila

e-mail: vania@ciba.fica.inf.cu

MSc. Ing. Rafael González-Abreu Fernández

Empresa de Aprovechamiento Hidráulico Ciego de Ávila (EAH CA), Ciego de Ávila

e-mail: eahcav@hidro.cu

RESUMEN

El estudio del ritmo del movimiento de las entradas y salidas de las aguas es un requisito clave para conocer cualquier impacto hidrológico externo en los ecosistemas de humedales. Investigar la relación del Gran Humedal del Norte de Ciego de Ávila con las aguas superficiales y subterráneas de la vertiente Norte de la provincia fue el objetivo principal de este trabajo, a través de la confección de un modelo teórico conceptual donde se determinan las zonas hidrológicas con sus mecanismos de transferencias de agua predominantes. El régimen hidrológico observado indicó la función de recarga y descarga entre el humedal y el acuífero subyacente por estar conformado con una estructura geológica que permite el intercambio hídrico.

Palabras clave: acuífero, cuencas hidrográficas, humedal, transferencia de agua.

Surface water and groundwater in the Great Wetland North of Ciego de Ávila

ABSTRACT

The study of the rate of movement of water inputs and outputs is a key requirement to know about any external hydrological impact on wetland ecosystems. To investigate the relationship of the great wetland of northern Ciego de Avila with ground and surface waters of the northern watershed of the province was the main objective of this work, through the preparation of a conceptual theoretical model where the ecosystem is divided into hydrological zones and prevailing water transfer mechanisms are identified. The observed hydrological regime indicated the existence of recharge and discharge between the wetland and the underlying aquifer because the latter is formed with a geological structure that allows water exchange.

Keywords: aquifer, hydrographic basins, wetland, water transfer.

INTRODUCCIÓN

Las cuencas hidrográficas o de captación son unidades geográficas importantes en la gestión de los humedales y los recursos hídricos. Se reconocen “las funciones ecológicas fundamentales de los humedales como reguladores de los regímenes hidrológicos y como hábitat de una fauna y flora características”. Es fundamental en el manejo de los recursos hídricos comprender las relaciones entre humedales y aguas superficiales, así como la función de las aguas subterráneas para el mantenimiento de las características de los humedales y los servicios que brindan estos ecosistemas: la función en la recarga y descarga de las aguas subterráneas y el manejo de impactos provocados por cambios en la calidad y cantidad de las aguas (Ramsar 2007a).

El papel de las aguas subterráneas, en el mantenimiento de los humedales y de estos en la recarga de las aguas subterráneas, es menos conocido que el papel de las aguas superficiales. Sin embargo, es vital poder comprender de qué manera el manejo de las aguas subterráneas así como el de las aguas superficiales, afecta a los humedales cuando se trata de que la planificación del manejo a escala de cuenca y de sitio permitan el mantenimiento de las características ecológicas del humedal (Ramsar 2007b).

Uno de los requisitos previos para valorar las consecuencias que cualquier tipo de impacto hidrológico externo puede tener sobre un humedal, es conocer la manera en que el agua entra y sale del humedal, que no es más que los llamados mecanismos de transferencia de agua y cuantificar los correspondientes ritmos de movimientos de esa agua. El primer paso para comprender la hidrología de un humedal es determinar qué mecanismos de transferencia de agua están presentes y cuáles de ellos son los más importantes. Para valorar que el movimiento de aguas subterráneas hacia un humedal, o desde él, sea un mecanismo importante depende no sólo de la presencia de un acuífero, sino también de la naturaleza de los suelos y las rocas existentes entre el acuífero y el humedal. Si este está en contacto directo con el acuífero, el intercambio de agua es muy probable. Sin embargo, si hay una capa de baja permeabilidad (un acuitardo o un acuícludo) entre el humedal y el acuífero subyacente, puede que haya escaso o nulo intercambio de aguas subterráneas (Ramsar 2007b).

El objetivo de este trabajo estuvo encaminado a investigar la relación entre las aguas superficiales y subterráneas de la cuenca geológica Morón con el Gran Humedal del Norte de Ciego de Ávila (GHNCA) a través de un modelo teórico conceptual que incluye el movimiento de las aguas y las modificaciones realizadas por el hombre.

CARACTERÍSTICAS DEL HUMEDAL

Características físico- geográficas del humedal

El Gran Humedal del Norte de Ciego de Ávila (GHNCA) se encuentra ubicado en la parte septentrional de la provincia de Ciego de Ávila, ocupando un área de 226,875 hectáreas, abarcando casi toda su costa, su zona marítima inmediata y los islotes adyacentes. Se extiende a lo largo de la zona pantanosa próxima a la costa, desde los municipios Bolivia, Primero de Enero, Morón y Chambas (figura 1).

Limita al norte con el Canal Viejo de las Bahamas; al sur con la cuenca subterránea o geológica Morón y las superficiales de los ríos Calvario, Naranjo, La Yana, arroyos Robles y Cimarrones y varias subcuencas de canales de drenajes; al Este con la cuenca del río Caonao.

Las cuencas tributarias de la vertiente Norte abarcan un área de 2728,0 km² donde se forman los recursos hídricos de esta zona. El relieve es completamente llano.

El GHNCA constituye uno de los sitios más singulares de la provincia, donde se agrupan varios tipos de ecosistemas de pantano, modificados por la acción del hombre. Predominan paisajes de llanuras bajas, pantanosas, semipantanosas, sobre depósitos turbosos y calizas, con suelos hidromórficos y vegetación de sabanas de alto valor estético y paisajístico y dos embalses naturales: la Laguna de la Leche y la laguna La Redonda.

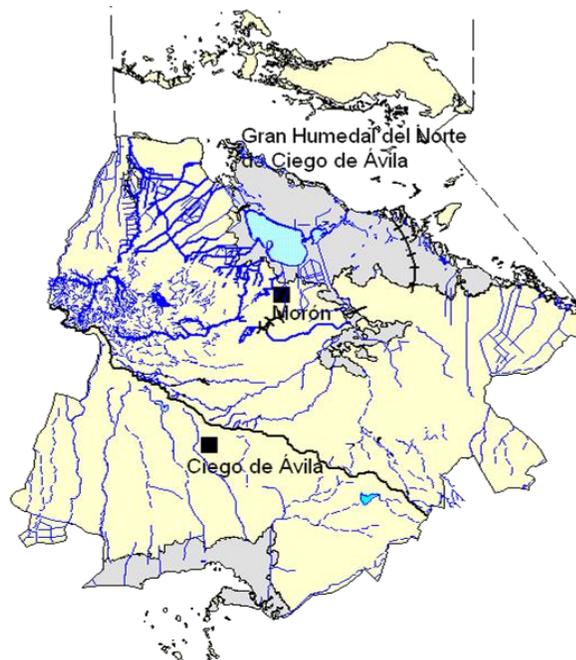


Figura 1. Ubicación geográfica del humedal

Obras hidrotécnicas y civiles insertadas en el humedal

El humedal ha sufrido transformaciones por el hombre desde la primera mitad del siglo XIX, cuando se construyeron los canales de Chicola (desde la Laguna de la Leche hasta la ensenada de Buena Vista) y el canal Júcaro (desde Morón hasta la Laguna de la Leche), con el propósito de transportar carbón, azúcar y otros.

Luego, a principios de la Revolución, se continuaron las afectaciones con la construcción de viales, sistemas de drenajes y a finales de la década de los 80 se construyeron varias obras hidráulicas dentro del propio humedal tales como: el cierre Puente Largo, el dique Chicola, el cierre Estero Socorro, el trasvase Laguna de La Leche – La Redonda (figura 2). Las unidades físicas que se formaron a partir de la inserción de estas obras civiles e hidráulicas constituyeron la base teórica para la determinación de cinco zonas hidrológicas (A, B, C, D y E) que apoyan la determinación de las entradas y salidas de agua en el ecosistema.

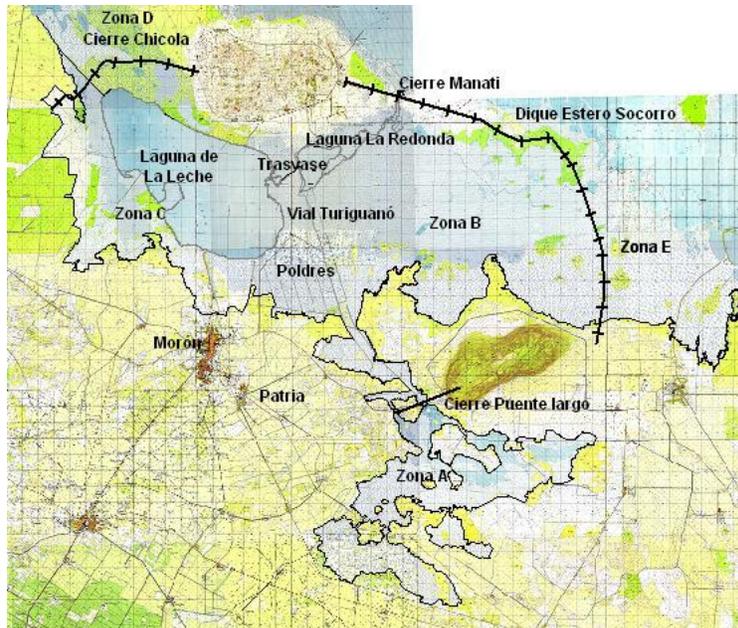


Figura 2. Obras hidráulicas y civiles insertadas en el GHNCA y zonas hidrológicas

Aguas superficiales

Hacia el Gran Humedal del Norte de Ciego de Ávila, tributan las aguas superficiales de varias cuencas hidrográficas: La Yana, Calvario, Naranjo, Cimarrones y Robles y 6 subcuencas de drenaje (figura 3).

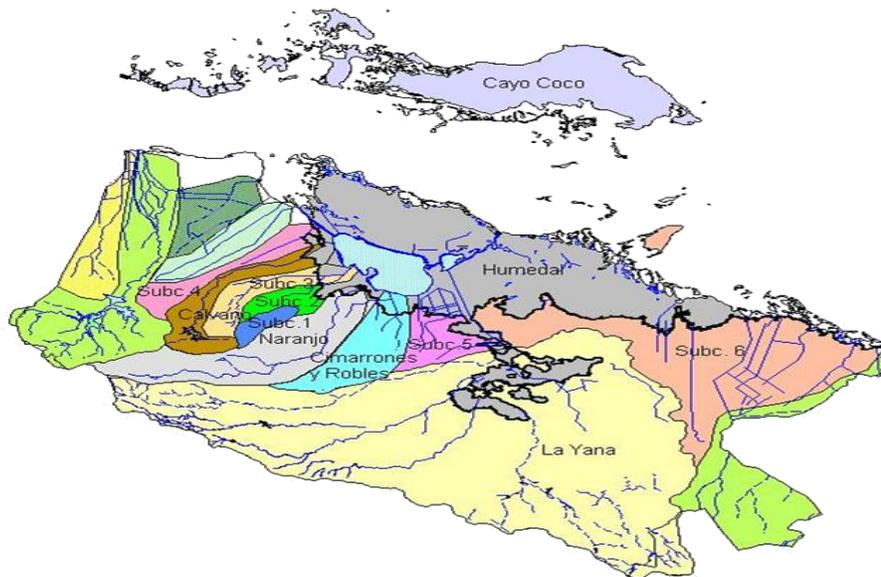


Figura 3. Cuencas superficiales asociadas al humedal

En todas las cuencas la red hidrográfica está definida en el curso superior y medio, no siendo así en el inferior, donde la mayoría han sido rectificadas y en algunos casos enlazados con canales de drenaje hasta el borde e interior del humedal o hasta algunos de los acuatorios naturales que se encuentran dentro de él. Según los resultados de González-Abreu y Vidal

(2008) los ríos y arroyos que conforman estas cuencas hidrográficas solamente escurren en el período húmedo en presencia de grandes lluvias, después de saturado el manto freático o al paso de grandes avenidas provocadas por fenómenos meteorológicos extremos.

Geología y aguas subterráneas

Al consultar el mapa geológico de la provincia de Ciego de Ávila, se observa que el humedal se encuentra en contacto en toda su extensión con la cuenca geológica Morón (figura 4). Hacia él tributan las aguas subterráneas de 12 sectores hidrogeológicos distribuidos a lo largo de la cuenca y desde el parteaguas central de la provincia.

Más del 85 % de la cuenca geológica está formada por rocas de la formación Güines, constituidas por calizas fosilíferas, biohémicas, dolomíticas, micríticas, dolomitas, lentes ocasionales de margas calcáreas y calcarenitas (Iturralde-Vinent 1978).

Los espesores registrados según calas del fondo geológico de la república de Cuba, oscilan entre 50 y 1670 m y la geología del humedal está constituida por depósitos palustres: residuos vegetales, limos carbonatados, arcillas salinizadas arenosas con restos carbonizados de troncos y raíces de mangles con espesores de menos de un metro.

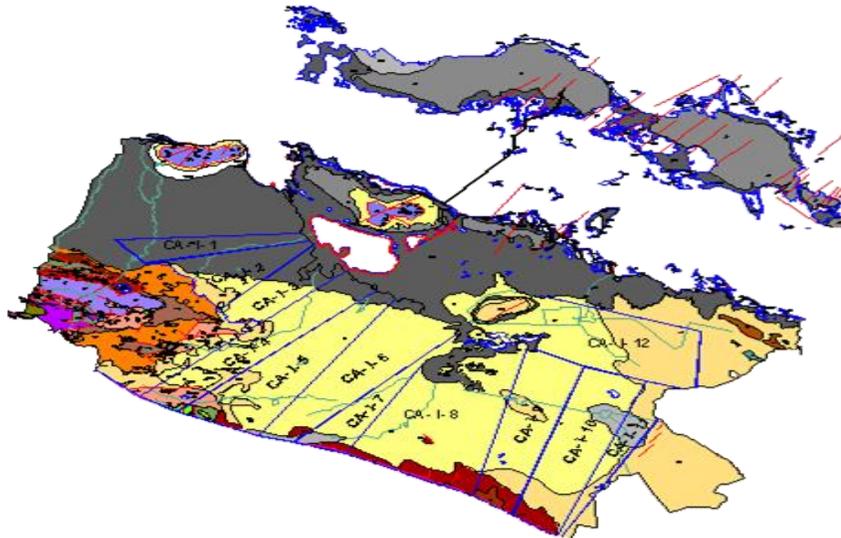


Figura 4. Sectores hidrogeológicos sobre mapa geológico de la cuenca norte de la provincia

La información de calas existente en el territorio, así como estudios geofísicos realizados por la Empresa de Proyectos e Investigaciones de Recursos Hidráulicos de Ciego de Ávila en 1989, permitieron ver cómo por debajo de la zona ocupada por el humedal, subyacen las calizas miocénicas de la formación Güines (color amarillo). Véase como ejemplo: el primer perfil (figura 5a) está ubicado a lo largo del sector hidrogeológico CA-I-5 y el segundo perfil (figura 5b) ubicado aproximadamente a lo largo del vial Morón-Turiguanó. Estas rocas se caracterizan por tener alto por ciento de porosidad efectiva que en acuíferos libres es equivalente al coeficiente de almacenamiento. Los valores medios registrados en el territorio están en el orden del 20 %, no obstante, se registraron valores puntuales que superan el 40 %, encontrándose dentro del rango según investigaciones de varios autores como Pérez Franco (1982) y Sanders (1998) donde manifiestan que estas rocas hidrogeológicamente se caracterizan por tener porosidades efectivas de 5 a 40 %.

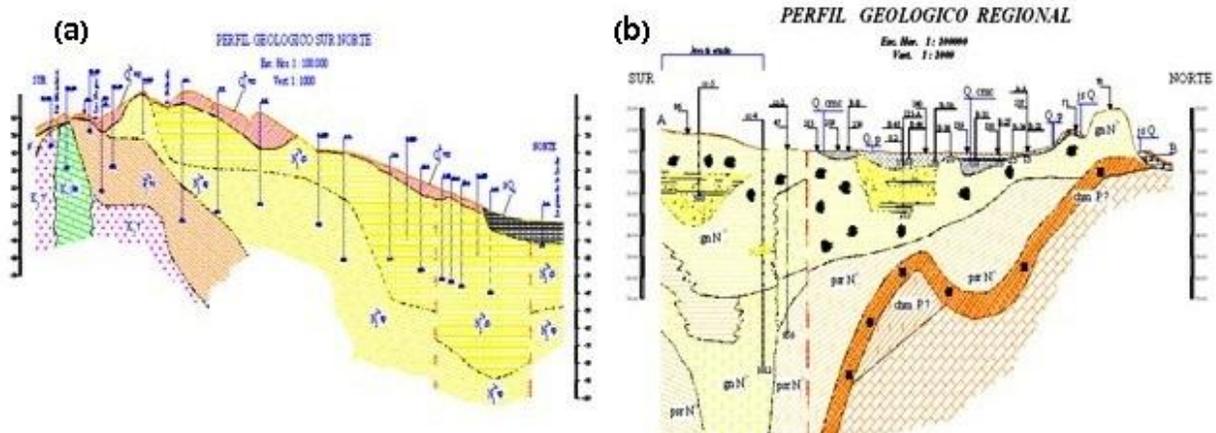


Figura 5. Perfiles geológicos en la zona del humedal

En relación con las conductividades hidráulicas en esta zona, varían entre 50-250 m/día encontrándose dentro de los valores que pueden variar entre 0,05-2000 m/día según las experiencias de otros investigadores Freeze (1979) y Fetter (2001) entre otros.

Las hidroisohipsas definen también la hidrodinámica del territorio (figura 6), todo el movimiento de las aguas subterráneas es hacia el Norte existiendo distorsiones locales en algunas zonas, producto de la elevada extracción de agua.

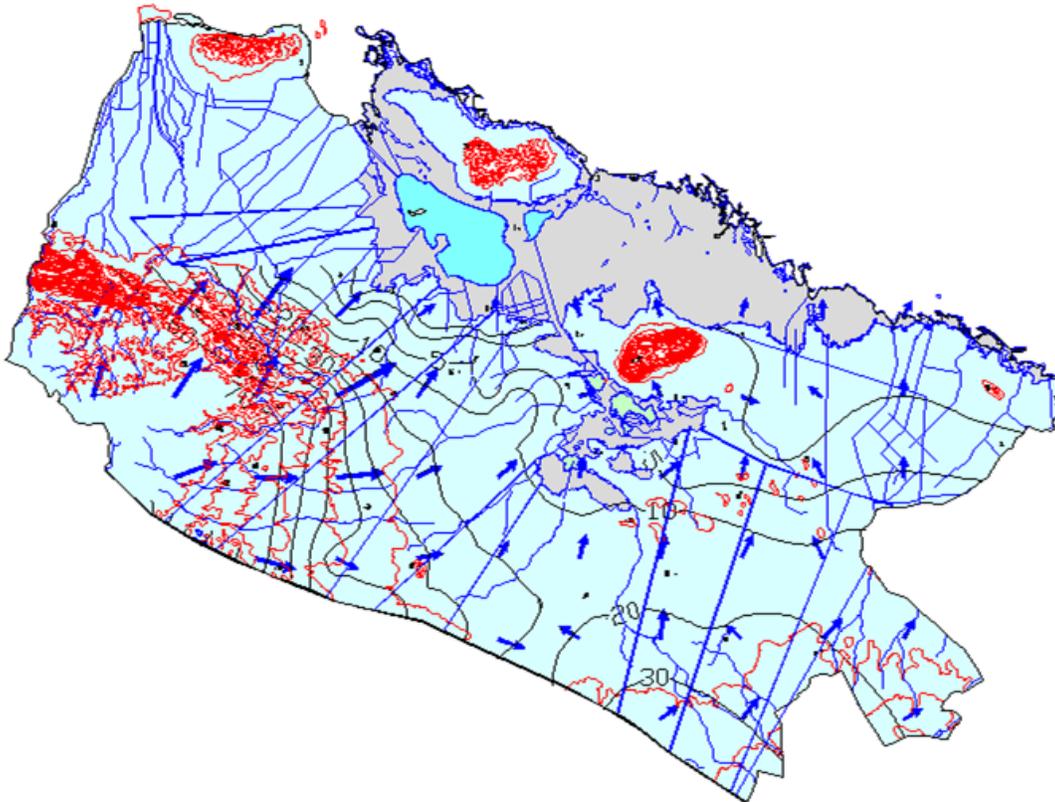


Figura 6. Mapa de hidroisohipsas e hidrodinámica del territorio

Se puede afirmar que la cuenca geológica descarga en toda su extensión, sobre el GHNCA. En la zona del cierre Puente Largo, existe un intercambio acuífero-humedal y viceversa, condicionado a la carga hidráulica adicional que se ha creado en los cierres.

MODELO TEÓRICO CONCEPTUAL Y SUS MECANISMOS DE TRANSFERENCIA

La confección del modelo teórico conceptual del humedal con sus principales mecanismos de transferencia de agua, se realizó por la tipología hidrológica propuesta por Acreman (2004), basada en el entorno paisajístico que refiere el tipo de humedal en dependencia de los mecanismos de transferencia de agua que reciben como alimentación (tabla 1).

Tabla 1. Tipos de humedales según el entorno paisajístico y subtipos hidrológicos (fuente: Ramsar 2007b)

Entorno paisajístico	Subtipo con arreglo al mecanismo de transferencia de agua
Humedales de altiplanicie	Alimentados por aguas superficiales de altura
Humedales de ladera	Alimentados por aguas superficiales
	Alimentados por aguas superficiales y por aguas subterráneas
	Alimentados por aguas subterráneas
Humedales de fondo de valle	Alimentados por aguas superficiales
	Alimentados por aguas superficiales y por aguas subterráneas
	Alimentados por aguas subterráneas
Humedales subterráneos	Alimentados por aguas subterráneas
Humedales de depresión	Alimentados por aguas superficiales
	Alimentados por aguas superficiales y por aguas subterráneas
	Alimentados por aguas subterráneas
Humedales de llanuras bajas	Alimentados por aguas superficiales de tierras bajas
Humedales costeros	Alimentados por aguas superficiales
	Alimentados por aguas superficiales y por aguas subterráneas
	Alimentados por aguas subterráneas

Para la determinación y comprensión de los mecanismos de transferencia, a propuesta del mismo autor, en esta etapa investigativa se realizaron dos niveles de evaluación:

1. *Evaluación de despacho*: información que se dispone en la oficina, relacionada con mapas topográficos digitales escala 1:25 000, mapa geológico de la provincia Ciego de Ávila (Iturralde-Vinent 1978), perfiles geológicos y mapa de paleorelieve, base de datos hidrológicos de la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico Ciego de Ávila actualizada para el procesamiento estadístico de niveles de aguas subterráneas y superficiales. Además se cuenta con resultados de investigaciones realizadas por los autores de este trabajo a través de diagnósticos hidrológicos

realizados a la cuenca hidrográfica La Yana (González-Abreu y Vidal 2007) el propio humedal (González-Abreu y Vidal 2008) y evaluaciones hidrogeológicas de sectores de la cuenca Norte de la provincia (Gonzalez-Abreu 1985).

2. *Visitas sobre el terreno:* Se creó un equipo de trabajo conformado por hidrólogo, hidrogeólogo, biólogo y especialista ambiental, con el objetivo de identificar plantas que sean indicadoras de la existencia de descargas de aguas subterráneas en el sitio, presencia de manantiales o cursos efímeros de agua, tomar evidencia gráfica de compuertas o esclusas, distribución de la vegetación y redes de canales, trasvases y diques en el humedal. Y además, la información brindada por lugareños, especialistas de las áreas protegidas y guardabosques acerca de las condiciones hídricas del territorio en casos extremos de intensas lluvias o sequía.

Zonas Hidrológicas

Zona A: Es la porción del humedal que conforma el embalse creado por varios puntos de trasvase dentro de la cuenca superficial La Yana (cierre Puente Largo, Puentes 1 y 2).

Zona B: Es la zona más extensa y está limitada por la zona “A”, el dique Estero Socorro, el vial Morón – Turiguanó y toda la zona del contacto humedal – cuenca geológica Morón, dentro de ella se encuentran la Laguna La Redonda y el sistema de pólder.

Zona C: Esta zona está limitada por el Cierre Chicola, la isla de Turiguanó, el vial Morón-Turiguanó y toda la zona de contacto humedal- cuenca geológica. Dentro de ella se encuentra la Laguna de la Leche.

Zona D: Está limitada por el cierre Chicola, las alturas de la isla de Turiguanó y la línea de costa.

Zona E: Está limitada por el cierre Estero Socorro, el contacto Humedal – Cuenca Geológica Morón y la línea de costa.

Mecanismos de transferencia de las aguas

Se identificaron los principales mecanismos de transferencia de las aguas por zona hidrológica respondiendo a la siguiente nomenclatura:

GR- Recarga de aguas subterráneas

GD- Descarga de aguas subterráneas

AT- Aguas trasvasadas

R- Esguerrimiento superficial

GS: Esguerrimiento subterráneo

TI- TO: Entrada y salida del agua de mar por efecto de las mareas.

P- Precipitaciones

E- Evaporación

Zona A:

GD: Descarga del acuífero al humedal (sectores CA-I-6, CA-I-7, CA-I-8 y CA-I-12).

GR: Recarga del humedal al acuífero a través del volumen embalsado en la presa Puente Largo y la zona de Cayo Manacas con una extensión total de 72,3 km² y un volumen de embalse de 40 hm³.

Para demostrar la relación existente entre los niveles de las aguas subterráneas y los niveles en el embalse Puente Largo, ubicado en esta zona hidrológica, se realizaron los limnigramas hiperanuales de las cargas hidráulicas en este último y varios pozos de observación ubicados

próximos al humedal, tomando como ejemplo solamente el pozo RH- 1847 (figura 7a), donde se observan los ciclos de tendencias paralelos de ascenso y descenso de las mismas.

La relación existente entre ambas cargas hidráulicas indica una fuerte correlación (coeficiente de correlación $R= 0.69$), si se tiene en cuenta que los procesos físicos e hidrodinámicos de las aguas superficiales y subterráneas, son diferentes en cada medio (figura 7b).

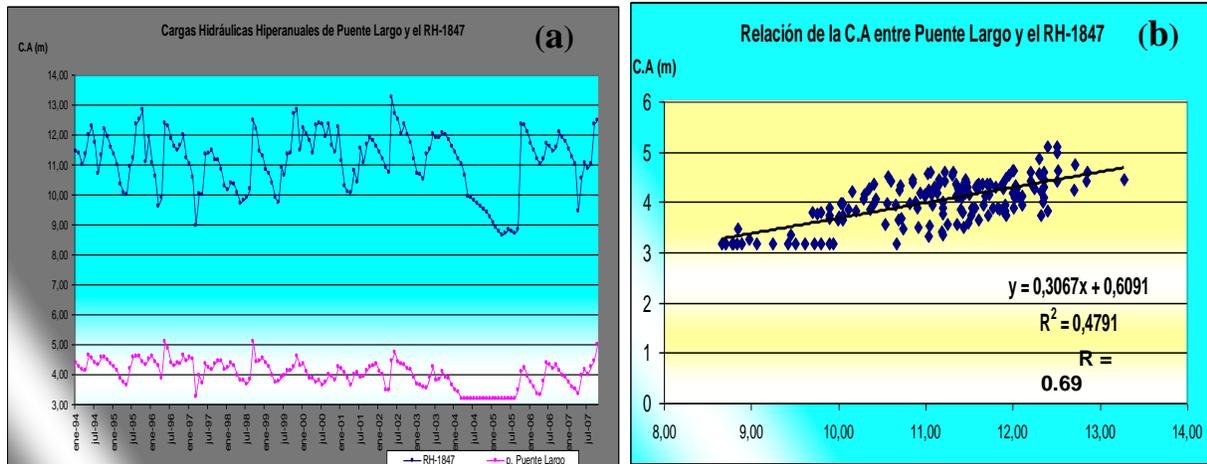


Figura 7. Gráfico combinado de las cargas hidráulicas en el embalse Puente Largo y el pozo RH- 1847 y la relación entre ellas

Dentro de esta zona se identificaron además 5 puntos de transferencias de aguas drenadas por canales internos a través de obras de fábricas (figura 8a) y 5 puntos de surgencia de aguas subterráneas donde predomina la vegetación de cortadera, macío y бага (*Cladium jamaicense*, *Tipha dominguensis*, *Annona glabra*) (figura 8b).

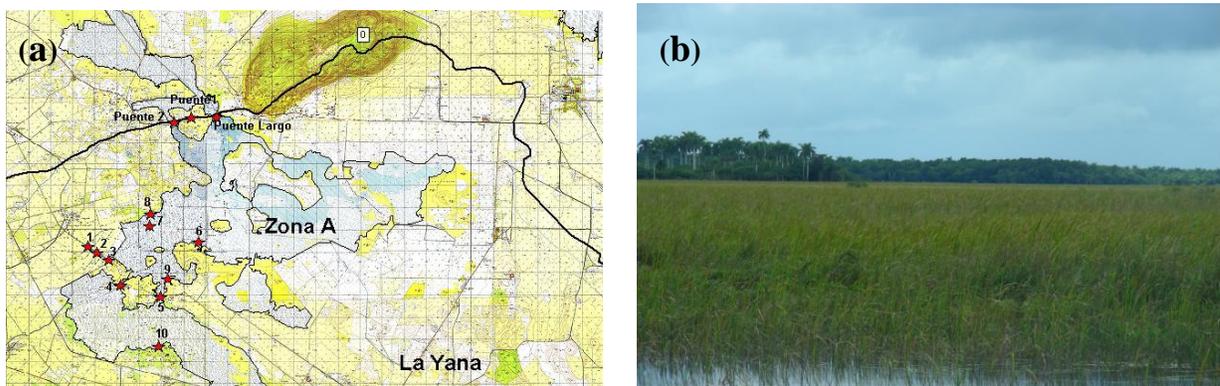


Figura 8. Puntos de transferencia de agua dentro de la zona A y vegetación predominante

R: Escurrimiento superficial de la sierra de Judas o de Cunagua y de todas las corrientes superficiales de la cuenca La Yana que escurren principalmente en período húmedo.

AT: Agua trasvasada a través de los sistemas de compuertas de los cierres Puente Largo (figura 9a), Puente 1 (figura 9b) y Puente 2 (figura 9c) hacia la zona hidrológica “B”.



Figura 9. Cierres Puente Largo, Puente 1 y Puente 2

Zona B:

AT:

- Agua trasvasada desde la zona “A”, a través de los sistemas de compuertas ubicados en el cierre Puente Largo, Puente 1 y 2.
- Hacia el mar a través del canal Manatí (figura 10a). Hacia la zona E a través del dique Estero Socorro (figura 10b)



Figura 10. Trasvase canal Manatí hacia la cooperativa pesquera en la Isla de Turiguanó: dique Estero Socorro

- Hacia la zona C a través de un sistemas de tubos ubicados en el canal trasvase entre las lagunas La Redonda y la Leche (figura 11). Este trasvase es abierto. Cuando La Redonda alcanza niveles superiores a 0,5 m.s.n.m, comienza a trasvasar hacia la laguna de La Leche.



Figura 11. Trasvase laguna de La Leche- La Redonda

GD: Descarga del acuífero al humedal (sector hidrogeológico CA-I-9, 10 y 12).
R: Esguerrimiento superficial desde las alturas de la sierra de Judas o de Cunagua.

Zona C:

AT:

- Desde la zona B a través de un sistema de tubos ubicados en el canal trasvase entre las lagunas La Redonda y la Leche.
- Hacia la zona D a través de las compuertas del cierre Chicola (figura 12a) y 12 trasvases insertados en el dique Chicola (figura 12b) a finales del año 2011 que han contribuido a la regeneración del ecosistema de manglares, impactado fuertemente por no recibir los nutrientes y sedimentos necesarios para su desarrollo desde la cuenca hidrográfica aguas arriba del dique.

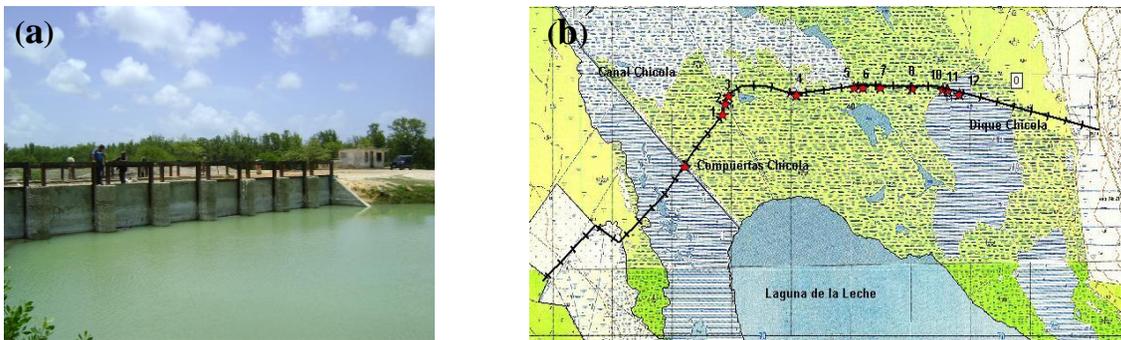


Figura 12. Cierre Chicola y puntos de trasvase hacia la zona D

R: Esguerrimiento superficial que llega de las cuencas de los ríos Calvario, Naranjo, los arroyos Cimarrones y Robles y las subcuencas 1 a la 5, así como de la vertiente sur de las alturas de la isla de Turiguanó.

GS: Esguerrimiento subterráneo desde los sectores hidrogeológicos del CA-I-1 al 4.

Zona D:

AT:

- Traslase de agua de la Laguna de la Leche a través de las compuertas del canal Chicola.
- A través de los 12 puntos insertados en el dique Chicola.

R: Esguerrimiento superficial desde la vertiente Norte de las alturas de la isla de Turiguanó.

TI- TO: Entrada y salida del agua de mar por efecto de las mareas.

Dentro de la vegetación existente en esta zona hidrológica se encuentran el Mangle Rojo, Negro, Yana y Pataban. (*Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Conocarpus erectus* y *Laguncularia racemosa*).

Existen decenas de kilómetros de manglar muerto debido a la poca afluencia que existió de agua dulce que arrastra los nutrientes y sedimentos importantes en el desarrollo de estas especies, desde la zona hidrológica C.

Zona E:

AT: Trasvase de agua a través de los aliviaderos del cierre Estero Socorro hacia el mar.

R: Escurrimiento superficial a través de las subcuencas de los canales de drenajes que tributan hacia esta zona del humedal.

GS: Escurrimiento subterráneo desde el sector hidrológico CA-I-12.

TI- TO: Entrada y salida del agua de mar por efecto de las mareas.

En esta zona también existen partes de manglares muertos y específicamente en la zona del vertedero numero 3 debido al fallo de este mecanismo de transferencia.

Como resultado de la investigación hidrológica se realiza un diagrama en forma de corte transversal del humedal, como recomienda Acreman 2004 (figura 13), donde se indican los mecanismos de transferencia de agua predominantes, las rocas subyacentes, así como la división por zonas hidrológicas.

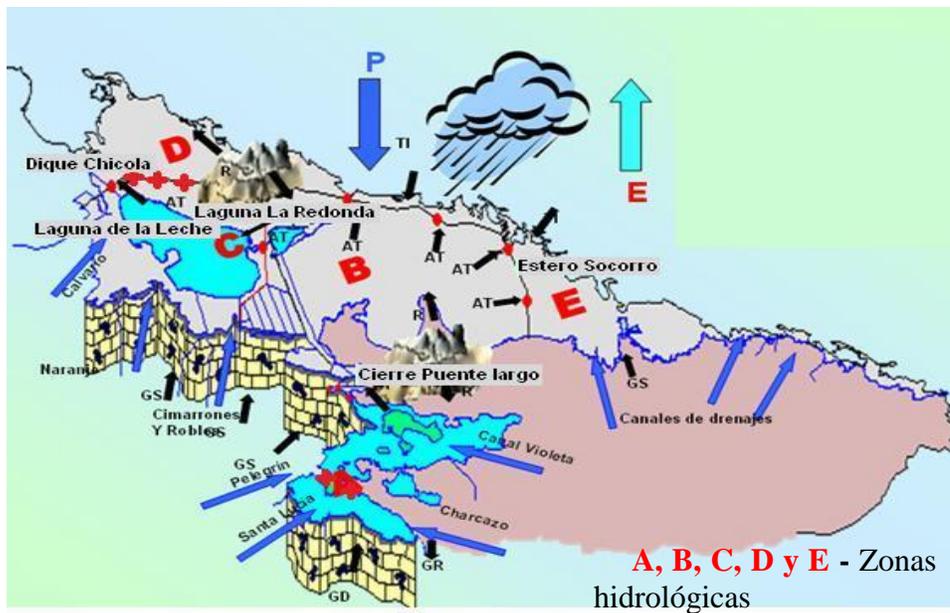


Figura 13. Diagrama del modelo teórico conceptual y mecanismos de transferencias predominantes en el Gran Humedal del Norte de Ciego de Ávila

CONCLUSIONES

1. El Gran Humedal del norte de Ciego de Ávila es un tipo de humedal costero alimentado por aguas superficiales y subterráneas.
2. El aporte de las aguas superficiales desde las cuencas hidrográficas ocurre solamente en período lluvioso después de saturado el acuífero o al paso de eventos meteorológicos extremos.
3. Entre el humedal y la cuenca subterránea no existen acuíclados ni acuitardos que pudieran diferenciar sus mecanismos hídricos y que, por el contrario, existen las mismas estructuras geológicas con rocas de una alta conductividad hidráulica que confirman la relación e intercambio de agua existente y con ello la función de recarga-descarga entre ambos ecosistemas.

4. La estrecha relación con el humedal, tanto de las aguas superficiales que provienen de las cuencas hidrográficas asociadas a él, que arrastran sus aguas desde zonas topográficamente más elevadas, como con las aguas subterráneas de la cuenca geológica Morón, hacen que el humedal en sí constituya la zona de descarga de todo el acuífero.
5. La identificación de los mecanismos de transferencias de las aguas por zonas hidrológicas constituyen la base teórica para la realización de un modelo numérico o balance hídrico del humedal.

REFERENCIAS

- Acreman M.C.** (2000). “Hidrología de los humedales. Conservación de los humedales mediterráneos”. Tour de Valat. Francia.
- Acreman M.C.** (2004). “Evaluación de impacto de los humedales: enfocado en cuestiones hidrológicas e hidrogeológicas”. Fase 2 del informe. Agencia de Medio Ambiente, Bristol (W6-091) y el Centro de Ecología e Hidrología de Wallingford (C01996), Inglaterra.
- Fetter C.W.** (2001). “Applied Hydrogeology”. Prentice- Hall, 4a ed., New Jersey. 598pp.
- Freeze R. A and Cherry, J. A.** (1979). “Groundwater”. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA. 604 pp.
- González- Abreu R. y Vidal, V.** (2008). “Diagnóstico hidrológico del gran humedal del Norte de Ciego de Ávila”. Estudio Hidrológico. Empresa de Aprovech. Hidráulicos. Ciego de Ávila.
- González-Abreu R.** (1985). “Reevaluación de los recursos explotables de la provincia Ciego de Ávila”. Estudio Hidrogeológico. Establecimiento de Hidroeconomía 4-2. Ciego de Ávila. Cuba.
- Iturralde-Vinent, M.** (1978). “Geología del territorio Ciego de Ávila-Camagüey-Las Tunas. Resultados de las investigaciones y levantamiento geológico a escala 1:250000”, Instituto de Geología y Paleontología, Academia de Ciencias de Cuba.
- Pérez Franco, D.** (1982). “Hidráulica Subterránea”. Tomo 1, pág. 214. Editorial Ciencia y Técnica. Habana. Cuba.
- Ramsar** (2007a) “Manejo de cuencas hidrográficas: integración de la conservación y del uso racional de los humedales en el manejo de las cuencas hidrográficas”. Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales, 3ª edición, vol. 7. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).
- Ramsar** (2007b). “El manejo de las aguas subterráneas: Lineamientos para el manejo de las aguas subterráneas a fin de mantener las características ecológicas de los humedales”. Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales, 3ª edición, vol. 9. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).
- Sanders L.** (1998). “A manual of field hydrogeology”. Prentice-Hall, University of Michigan. USA. 381 pp.