

# Distribución espacial de los recursos hídricos en Cuba

## Spatial distribution of water resources in Cuba

*Julio Iván González Piedra, Hanne María Domínguez Pastrana*

[igch0698@gmail.com](mailto:igch0698@gmail.com),

Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, Cuba

Enviado 16/02/2019 – Aceptado 31/10/2019

González Piedra, Julio Iván y Domínguez Pastrana, Hanne María (2019). "Distribución espacial de los recursos hídricos en Cuba". En *Proyección estudios geográficos y de ordenamiento territorial* Vol. XIII, (26). ISSN 1852 - 0006, (pp. 136 - 156). Instituto CIFOT, Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza

**Resumen**

Se hace un análisis de la distribución espacial de los recursos hídricos en Cuba a través de la división político – administrativa y el método geográfico comparativo. Se muestran las características cuantitativas de estos recursos por provincias y se evidencian las diferencias entre estas. De cara al futuro se esperan retos importantes por la desigual distribución espacial de los recursos hídricos y el ahorro de los mismos. Cuba necesita de manera urgente una reevaluación del potencial de sus recursos hídricos teniendo en cuenta las nuevas condiciones de transformación del territorio cubano y los posibles impactos del Cambio Climático. La mayoría de las provincias tienen valores de Estrés Hídrico por encima del 50%. Para La Habana y Santiago de Cuba el Índice de Suficiencia del Agua para los Aprovechables es extremadamente bajo, ambas muy urbanizadas y con pocas fuentes hídricas de autoabastecimiento, siendo hidrodependientes de sus provincias vecinas.

**Palabras claves:** recursos hídricos, distribución espacial, stress hídrico, hidrodependencia

**Abstract**

The purpose of this article is to analyze the spatial distribution of water resources in Cuba through the political - administrative division and the comparative geographical method. Also, the quantitative characteristics of these resources per provinces and the differences between them are evident in this research work. Looking ahead, significant challenges are expected due to the unequal spatial distribution of water resources and their saving. Cuba urgently needs a reassessment of the potential of its water resources considering the new conditions of transformation of the Cuban territory and the possible impacts of Climate Change. Most provinces have Water Stress values above 50%. For Havana and Santiago de Cuba, the Index of Water Sufficiency for the Exploitable ones is extremely low, both highly urbanized and with few water sources of self-sufficiency, being hydro dependent of their neighboring provinces.

**Keywords:** water resources, spatial distribution, water stress, hydro dependence

## Introducción

El Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), una de las instituciones de mayor prestigio en el mundo y defensoras de los derechos del niño a una vida verdaderamente plena, de manera frecuente hace llamados a un mejor manejo de los recursos naturales y el medio ambiente. En 1999 recordaba que “Desde el decenio de 1960, el objetivo central de las actividades del sector del agua potable ha sido el abastecimiento de fuentes de agua seguras y confiables a los sectores de la población carentes de servicios” (UNICEF, 1999).

En el mundo se cuentan unos 42 750 km<sup>3</sup> como recursos hídricos renovables (potenciales), lo que supuestamente se tiene como promedio cada año a partir de las precipitaciones. Nuestra América es de los continentes con mayor cantidad de recursos hídricos en el planeta, la América del Norte tiene el 18 % del total, y la América del Sur el 28 %, detrás de Asia que tiene 32 % (Foro Mundial del Agua, 2006). Pero como se conoce, el gran dilema no es la cantidad de agua a nivel mundial, sino como se distribuyen estos recursos dentro de los continentes, dentro de los países y dentro de las regiones geográficas de un país que es siempre muy desigual, especialmente cuando además de la desigualdad espacial también incide la desigual distribución de la población.

En el Foro Mundial del Agua que tuvo lugar en Bergkamp, en marzo del 2009, se planteó que “mientras la población mundial se triplicó durante el siglo XX la demanda de agua creció en 6 veces”, de igual manera se señala que los países o regiones del planeta que estén por debajo de 2000 m<sup>3</sup>/hab/año se deben considerar en crisis hídrica. El área del Caribe es relativamente pobre en recursos hídricos comparativamente con el resto de nuestra América, y dentro del Caribe se encuentra Cuba.

El tema relacionado con el futuro a mediano y largo plazo de los recursos hídricos cubanos es complejo, ya que realmente existe incertidumbre de cómo se comportarán las lluvias dentro de 20, 50, o 100 años, a pesar de los pronósticos que se dan para la región del Caribe por los diferentes especialistas en Cambio Climático, lo verdaderamente cierto es que un pronóstico no es más que eso un pronóstico, por tanto nadie puede asegurar que pasará en el futuro. No obstante, El Instituto de Meteorología de Cuba, encargado a nivel nacional de lo relativo al Cambio Climático en su Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre Cambio Climático (INSMET, 2015) dio a conocer un balance hídrico para tres

periodos, el primero tomado como línea base que va desde 1961 hasta 1990, el segundo en el 2050 y el tercero en el 2100, para ello se valió de las observaciones reales de la lluvia anual en el primer caso, mientras se apoyó en dos modelos matemáticos (ECHAM4 y HadAM3P) para los años 2050 y 2100 y según escenarios SRES A2, ver tabla 1. En dicha tabla Pa (lluvia promedio anual), Ph (lluvia promedio del periodo húmedo), E (evaporación promedio anual), ETP (evapotranspiración promedio anual), R (Lámina de escurrimiento promedio anual).

De ocurrir estos pronósticos de dichos modelos, además del aumento de las temperaturas, nuestro país tendrá que hacer esfuerzos gigantescos para superar las enormes dificultades que se encontrará por el camino, es en este escenario donde el buen manejo de los recursos hídricos adquiere mucha más connotación y donde el uso de la ciencia y la tecnología deben jugar su papel, sobre todo en definir con claridad con cuánta agua se puede contar en diferentes periodos de tiempo y para las diferentes regiones del país, habrá que responder varias preguntas muy importantes que nos hacemos hoy día para cada rincón del país:- Cuánta agua se puede contabilizar por habitante?, Cuanta agua realmente se podrá dar para la agricultura?, Cuánta agua se podrá disponer para proteger el medio ambiente?, las respuestas no deben quedar a futuro lejano sino ya hay que pensar desde ahora.

**Cuadro N°1: Valores promedios anuales de la lluvia en Cuba y otras variables hidrológicas según modelos de pronósticos utilizados en Cuba**

Variables	Periodo base	ECHAM4		HadAM3P	
		2050	2100	2050	2100
Pa, mm	1326	1303	1093	1247	1097
Ph, mm	992	1009	866	907	750
E, mm	1712	1884	2189	1863	2176
ETP, mm	1032	1054	963	1022	967
R, mm	294	248	130	225	130

Fuente: INSMET, 2015

Adicionalmente a estos escenarios anteriores, no se puede descartar un escenario mixto o que presente combinaciones de años con días con lluvia por debajo del promedio en Cuba que es alrededor de los 130 días, pero que al mismo tiempo y como ya se ha mencionado por algunos científicos, pueden ocurrir lluvias de gran intensidad o que aumenten el número de perturbaciones ciclónicas cada año. Ello nos lleva a

reflexionar en varias direcciones, una primera, es la que tiene que ver con la disponibilidad real del agua embalsada, recordar que Cuba en nuestra región es de los países con mayor número de embalses por unidad de área y que el aprovechamiento de las aguas superficiales es muy superior al de las aguas subterráneas, por tanto esa disponibilidad de agua puede estar afectada por el fenómeno de la sedimentación de los embalses producto de la erosión de las cuencas hidrográficas muy común en Cuba (González, 2014) y en especial en la provincia de Pinar del Río donde existen embalses como La Juventud sobre el río San Diego donde además de la sedimentación está siendo afectado por los procesos de eutrofización (Wiegand, 2016). En este sentido, cada año disminuye el volumen útil de dichos embalses, por tanto menos agua para distribuir a los usuarios. La segunda reflexión va dirigida al tema del aumento de las temperaturas del aire y por tanto del proceso de evaporación haciendo que aumenten los procesos de aridez en algunas zonas en Cuba ya antes afectada como es la provincia de Guantánamo en su extremo sureste y en algunas del occidente como es la zona costera comprendida entre La Habana y Matanzas, donde la lluvia promedio anual es del orden de los 1100 – 1200 mm, mientras la evaporación de superficie libre del agua está por encima de los 1500 mm anuales (de Araujo, J.C. & Piedra, J.I.G., 2009), es otra vía para perder importantes volúmenes de agua almacenada en los embalses e inclusive en las capas superiores de los acuíferos cercanos a las superficies del terreno y sobre todo en los acuíferos costeros, que aunque relativamente pequeños muy abundantes en Cuba.

En el presente trabajo se hace un análisis de la distribución espacial de los recursos hídricos en Cuba según información del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos.

Existen diferentes formas de entender el término recurso hídrico, la forma más sencilla de entenderlo es asumir que solo la palabra recurso significa para bien y uso del hombre y la palabra hídrico proviene del agua, lo que fácilmente se entiende que se trata del agua utilizada y al servicio del hombre. No obstante, existen en hidrología e hidráulica algunos conceptos algo más específicos y necesarios que son precisamente los que se utilizan en el presente trabajo, dichos conceptos son los siguientes: - Recursos Hídricos Potenciales (RHP), representan la cantidad de agua que puede brindar una determinada área en toda su extensión a partir de la lluvia y descontadas todas las posibles salidas de la misma como es la evaporación. Por tanto los volúmenes que puedan escurrir a partir del proceso lluvia – escurrimiento son los denominados superficiales (RHPSup) y los volúmenes infiltrados y que puedan ser almacenados según la geología del lugar son los subterráneos (RHPSub), - Recursos

Hídricos Aprovechables (RHA), son los propios RHP pero considerando solo el área de drenaje hasta donde se pueda construir un embalse almacenador (RHASup), serían por tanto siempre inferiores a los RHP, de igual modo el razonamiento con los RHASub. Por último, los Recursos Hídricos Disponibles (RHD), que representa el volumen de agua disponible en un momento determinado, es decir fluctúan constantemente ya que se trata del volumen almacenado según capacidad de embalses construidos, serían los RHDSup y los volúmenes infiltrados los RHDSub. Es común utilizar solamente la identificación del tipo de recurso y no la fuente para un lugar determinado para conocer sus recursos hídricos.

En el trabajo se muestran las características cuantitativas de estos recursos por provincias y se evidencian las diferencias entre estas, además de algunas especificidades que resultan preocupaciones actuales como es el caso de la erosión y sedimentación de los embalses haciendo que disminuya la capacidad de almacenaje y por tanto menos recursos disponibles, se alerta sobre el aumento de las temperaturas del aire y el consecuente aumento de la evaporación en general resultando otra vía de pérdida de volúmenes almacenados. Se discute brevemente sobre políticas y variantes de propuestas de manejo de los recursos hídricos de Cuba de cara al futuro teniendo en cuenta limitaciones de carácter económico dado la condición de país en vías de desarrollo y los retos de la propia ciencia ante impactos del Cambio Climático, de manejo eficiente y gobernabilidad de los recursos hídricos a nivel de base (municipalidades) y a nivel individual conforme a las leyes vigentes relacionadas con la ley 124 sobre Las Aguas Terrestres (Gaceta Oficial, 2017).

### **Materiales y métodos**

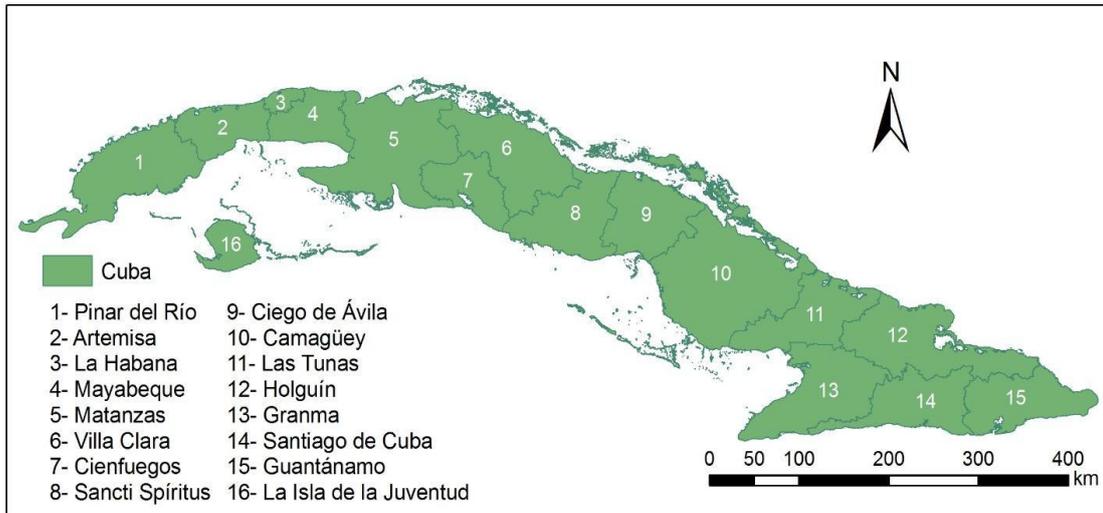
Cuba es un archipiélago constituido por la mayor isla de las Antillas y el conjunto de islas, islotes y cayos que rodean la isla grande que es de 4 195 en total, incluyendo La Isla de la Juventud, la segunda en tamaño (NANC, 1989). Está ubicado en el extremo noroeste de las Antillas, limita al norte con el Océano Atlántico y el Estrecho de La Florida, al este con el Paso de los Vientos, al sur con el Mar Caribe y al noroeste con el Golfo de México y la península de Yucatán. Posee un área total de 109 886,19 km<sup>2</sup> (NANC, 1989). Ver mapa fig. N° 1 elaborado por el autor.

Fig. N°1: Mapa de ubicación geográfica de Cuba en el contexto americano y caribeño.



Fuente: elaboración propia

El archipiélago cubano tropical estacionalmente húmedo (Hw) según clasificación de Köppen. Las temperaturas en verano o periodo lluvioso (de seis a nueve meses) oscilan entre los 27 y los 31 grados centígrados aproximadamente y con láminas de lluvia mensual entre 200 y 1400 mm anuales y en invierno (solo de tres a cuatro meses) entre los 22 y los 26 grados centígrados con láminas de lluvia que rara vez sobrepasan los 200 mm. Una humedad relativa que generalmente está por encima del 75 % durante todo el año. El relieve, los suelos y la vegetación son un mosaico complejo cuyas características fluctúan de occidente a oriente fundamentalmente en dependencia del relieve, siendo la región occidental una mezcla de zonas montañosas, pequeñas alturas y llanuras, mientras la región central, la más extensa, excepto pequeñas áreas montañosas se caracteriza por llanuras muy extensas y de reducidos bosques, la región más oriental, es la más montañosa de Cuba, donde se distingue la Sierra Maestra y la Cordillera Nipe – Sagua - Baracoa. La figura N°2 muestra el mapa de Cuba con sus quince provincias y el municipio especial Isla de La Juventud (Domínguez, 2017).

**Fig. N°2.- Mapa de ubicación geográfica de las quince provincias cubanas y el municipio especial Isla de La Juventud.**

Fuente: Domínguez, 2017

La metodología seguida por el autor se basa esencialmente en el método geográfico comparativo, más específicamente hidrológico – comparativo. El autor ha formado tres grupos de provincias que a su vez coinciden con las regiones fisicogeográficas que el Dr. Núñez Jiménez formuló en 1982 y que denominó occidente, centro y oriente, las que brevemente se describen a continuación. Estas regiones fisicogeográficas representan la estructura espacial sobre la que tienen lugar los procesos físicos relacionados con el ciclo hidrológico y por tanto los recursos hídricos con la intervención humana. La región occidental que va desde Pinar del Río hasta Matanzas, incluyendo la Isla de La Juventud se caracteriza por un clima cuyos principales componentes la lluvia y la temperatura tienen valores que oscilan entre 1350 y 1700 mm y 26 y 28 grados centígrados respectivamente (NANC, 1989), un relieve muy bien definido por montañas relativamente altas donde sobresale la cordillera de Guaniguanico con alturas que llegan más allá de los 1000 metros en contraste con zonas llanas fundamentalmente al sur de la misma con una gran variedad de suelos donde predominan los suelos ferralíticos y pardos, mientras que en las zonas altas predominan los poco evolucionados, fácilmente erodables. Más al este se destacan las llanuras de importante desarrollo cársico y de montañas bajas desde Artemisa hasta Matanzas, sobresaliendo la Ciénaga de Zapata, el humedal más grande e importante del Caribe. La vegetación representativa de la región son los palmares y otros tipos de vegetación propios de este tipo de montaña y llanura con muchos cultivos varios. Ríos cortos de relativamente poco caudal en periodo lluvioso.

La región central va desde Villa Clara y Cienfuegos hasta Las Tunas. Su clima es muy parecido a la región occidental solo se diferencia en tener menor magnitud de lluvia anual cuyos valores oscilan entre 1250 – 1500 mm, mientras que las temperaturas promedio anual del aire oscilan entre 26 y 29 grados centígrados (NANC, 1989). En el territorio predominan las llanuras, independientemente que existen núcleos de montañas de alguna importancia como la Cordillera de Guamuhaya. Los suelos, de muy diferente tipo están distribuidos desigualmente por toda la región y son relativamente fértiles, tales como los pardos y hidromórficos y fersialíticos en las zonas montañosas, esta es una región de gran producción agropecuaria. La vegetación es propia de llanuras tropicales con arbustos, palmeras, pequeños bosques y cultivos varios, algunos de gran extensión como las siembras de caña de azúcar, los sistemas fluviales son más extensos que en la región occidental. La región oriental, que va desde Holguín hasta Guantánamo, tiene un clima más caluroso durante casi todo el año con temperaturas que oscilan entre los 27 y los 32 grados centígrados y láminas de lluvia de muy diferentes magnitudes, la zona baja de la cuenca del río Cauto tiene valores de 900 – 1000 mm anuales, mientras que al este de Guantánamo en las cuencas de los ríos Toa y Moa los valores anuales sobre pasan los 3000 mm (NANC, 1989). Igualmente el relieve muy variado con dos grandes núcleos Sierra Maestra con una altura máxima de casi 2000 metros y Sierra Cristal ambas con grandes pendientes, con suelos y vegetación propios del lugar, pardos tropicales y fersialíticos, con vegetación tupida y muy rica biodiversidad, y las zonas llanas como la gran Cuenca del río Cauto con suelos vertisuelos y pardos y una vegetación propia de llanuras donde se observan pequeños bosques, arbustos, arboles maderables y cultivos varios.

#### - Recursos Hídricos en Cuba

Los Recursos Hídricos Potenciales (RHPot) en Cuba ascienden a 38 000 millones de m<sup>3</sup>, mientras que los Aprovechables (RHApov) son 23 400 millones de m<sup>3</sup>, y los Disponibles (RHDisp) son aproximadamente unos 13 240 millones de m<sup>3</sup> (INRH, 2005). Como se conoce, la distribución espacial de cualquier recurso en nuestro país es desigual atendiendo a las características geográficas de cada territorio. El Stress Hídrico es el % que representan los RHDisp con relación a los RHApov, a mayor porcentaje mayor Stress Hídrico, ver mapa de la figura 5.

El cuadro N°2 muestra los RHApov y RHDisp para todas las provincias del país (para evitar reiteración la Isla de La Juventud se considera al mismo nivel que el resto de las

provincias), información básica facilitada por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos de Cuba, fundado en el año 1962 (INRH, 2005).

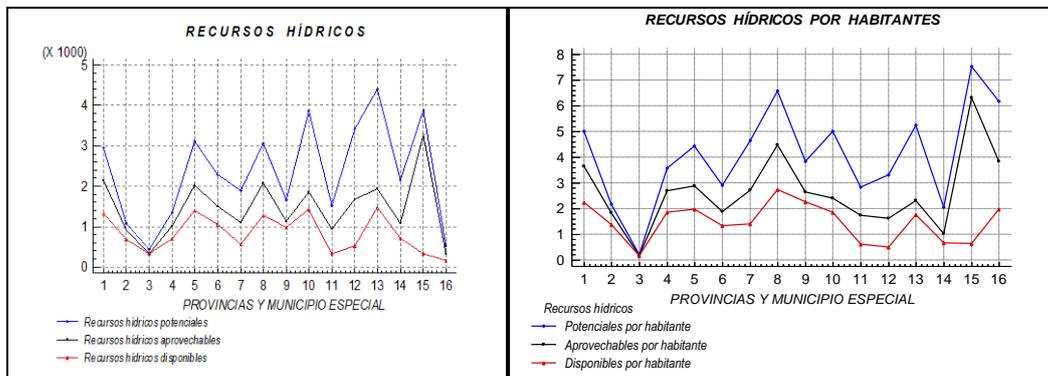
**Cuadro Nº 2: Recursos hídricos aprovechables y disponibles por provincias**

Provincias	Habitantes	RH Aprov (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	RH Apro/hab (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	RH Disp (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	RH Disp/hab (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	IRH Aprov/hab (%)	IRH Disp/hab (%)	Stress Hídrico (%)
Pinar del Río	589664	2144	3,64	1323	2,24	56,52	81,22	61,71
Artemisa	501300	921	1,84	689	1,37	27,34	47,47	74,80
La Habana	2121871	323	0,15	323	0,15	0,00	0,00	100,0
Mayabeque	379942	1017	2,68	701	1,85	40,96	65,74	68,92
Matanzas	702477	2016	2,87	1390	1,98	44,09	70,94	68,94
Villa Clara	792408	1501	1,89	1049	1,32	28,26	45,50	69,88
Cienfuegos	406911	1105	2,72	565	1,39	41,59	48,01	51,13
Sancti Spiritus	466431	2087	4,47	1272	2,73	70,12	100,00	60,95
Ciego de Ávila	431048	1134	2,63	977	2,27	40,21	82,11	86,15
Camagüey	774766	1863	2,40	1434	1,85	36,54	65,97	76,97
Las Tunas	536812	931	1,73	325	0,61	25,67	17,60	34,91
Holguín	1038739	1686	1,62	519	0,50	23,86	13,49	30,78
Granma	837351	1928	2,30	1478	1,77	34,89	62,64	76,66
Santiago de Cuba	1057402	1081	1,02	705	0,67	14,12	19,98	65,22
Guantánamo	516302	3261	6,32	327	0,63	100,00	18,69	10,02
Isla de la Juventud	84893	325	3,83	168	1,98	59,64	70,94	51,69

Fuente: Domínguez, 2017

Un análisis comparativo entre las provincias puede hacerse a través de los gráficos que se muestran en la figura Nº3.

**Fig. Nº3: Gráficos que muestra la distribución por provincias de los diferentes tipos de Recursos Hídricos (10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>) (a) y por habitante (10<sup>3</sup> m<sup>3</sup> / hab) (b).**



a)

b)

Fuente: Domínguez, 2017

Como puede observarse en la figura Nº 3a existe una correspondencia y armonía en las tres gráficas correspondientes a RHPot, RHApov y RHDis, ello se debe a lo antes explicado en cuanto a conceptualización de cada uno de ellos.

Se evidencia que las provincias desde Camagüey (10) hasta Guantánamo (15) se abren las diferencias entre los RHPot y los RHDis indicando dos cosas: la primera, que

habría que revisar el esquema de aprovechamiento en estas provincias, ya que puede que exista la posibilidad de aumentar el nivel de los RHApov y por tanto la posibilidad de que también, mediante construcciones hidráulicas, aumenten los RHDIs, la segunda, que los recursos hídricos son menos abundantes en la región más occidental del país y en el extremo occidental de la región central. La provincia La Habana (3), al igual que la Isla de La Juventud (16), son las unidades más deprimidas en cuanto a recursos hídricos. La provincia Granma es la que más RHPot tiene, sin embargo, los RHApov están al mismo nivel que el resto.

Otro indicador muy importante y muy objetivo es el que tiene que ver con los recursos hídricos relacionados con el número de habitantes de cada provincia.

La figura N° 3b muestra una gráfica de los recursos hídricos por habitante y por provincias a través de los indicadores RHPotHab, RHApovHab y RHDiHab. En esta se observan bajos valores en las provincias de La Habana (3) y Santiago de Cuba (14) por el peso del número de habitantes que tienen las mismas, sobre todo la primera, donde se conoce muy bien la dependencia del agua de la capital del país con las provincias Artemisa y Mayabeque. Provincias como Pinar del Río, Matanzas, Sancti Spiritus y la Isla de La Juventud, están en mejores condiciones que el resto del país, aunque como todas, son pobres en recursos hídricos.

Se conoce que el asunto relacionado con los recursos hídricos de un territorio no solo tiene que ver con el aspecto cuantitativo de los mismos sino además con los cualitativos, lo que implica tener en cuenta la calidad del agua y su uso para diferentes actividades socioeconómicas y ambientales. En el caso de Cuba, vale recordar que la mayor parte de los recursos hídricos son superficiales y una relativamente pequeña parte es subterránea, las primeras muy vulnerables a la degradación por contaminación de infinidad de tipos y formas, la segunda más resguardada, aunque también vulnerable en dependencia de su explotación, siendo los más perjudicados los acuíferos costeros, muy abundantes en Cuba, aunque no de grandes volúmenes a explotar. A partir de la ubicación geográfica de la demanda del preciado líquido así se iniciarán programas de exploración de nuevas fuentes. En Cuba, los grandes centros urbanizados polarizan el uso del agua teniendo en cuenta no solamente la población y sus necesidades sino además las posibilidades de agua para las pequeñas y grandes industrias y para la agricultura en cualquiera de sus variantes incluyendo la agricultura urbana que tanto auge ha tenido en los últimos años.

El uso del agua por las distintas provincias esta en dependencia de las necesidades de las mismas, por ejemplo, provincias como La Habana y Santiago de Cuba, las más

pobladas del país y como es lógico las más urbanizadas, disponen de muy poca área para la actividad agrícola, al margen de que este sector se desarrolla muy bien como "agricultura urbana", lo que trae consigo que el uso del agua para la agricultura se vea muy reducido, otras como Camagüey, Las Tunas, Holguín, que tienen vastos territorios, el consumo del agua tiende a aumentarse.

En el cuadro N° 3 se da un resumen estadístico del promedio provincial del uso del agua y del stress hídrico (en por ciento).

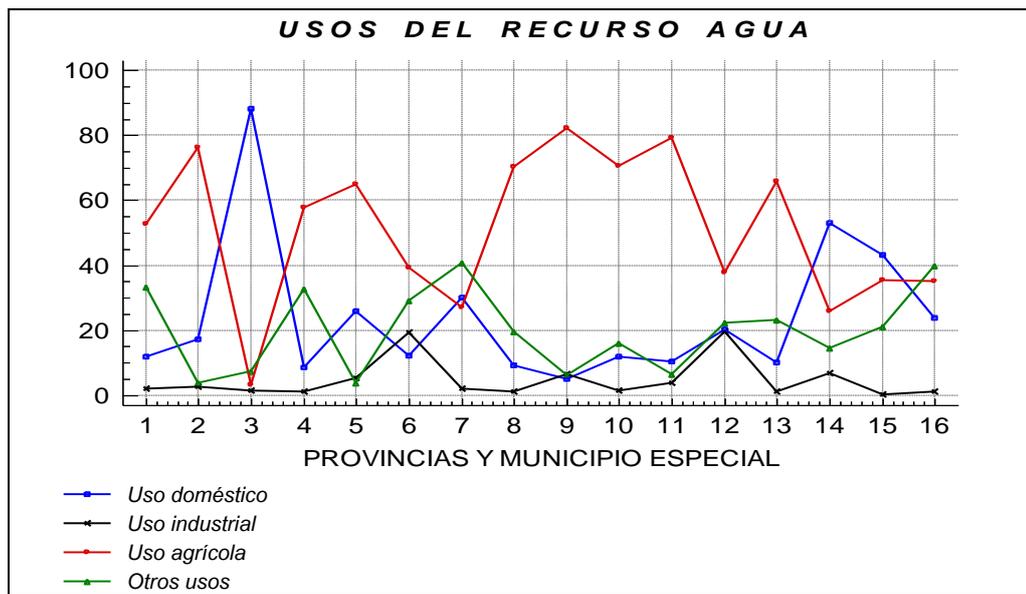
**Cuadro N° 3.- Resumen estadístico del promedio del uso del agua y del stress hídrico**

	RH Pot (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	RH Aprov (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	RH Disp (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Stress hídrico %	Uso doméstico %	Uso industrial %	Uso agrícola %	Otros usos %
Count	16	16	16	16	16	16	16	16
Average	2352.63	1457.69	827.813	61.94	23.81	4.73	51.44	20.02
Standard deviation	1226.55	755.927	449.344	22.2624	21.6663	61.0232	22.9724	12.5572
Coeff. of variation	52.1353%	51.8579%	54.2809%	36.0236%	90.9871%	12.8979%	44.6609%	62.7271%
Minimum	430.0	323.0	168.0	10.03	5.0	0.3	3.2	3.8
Maximum	4400.0	3261.0	1478.0	100.0	88.2	19.6	82.3	40.8
Range	3970.0	2938.0	1310.0	89.97	83.2	19.3	79.1	37.0
Std. Skewness	0.0492817	0.9683	0.240956	-123.823	<b>33.685</b>	<b>33.173</b>	-0.730983	0.383784
Std. Kurtosis	-0.879391	0.628539	-120.914	0.706425	<b>37.614</b>	<b>264.181</b>	-0.515777	-0.934846

Fuente: Domínguez, 2017

En el cuadro N° 3 resulta de particular interés el uso del agua en Cuba, como se aprecia más del 50 % del agua que se distribuye se consume en la agricultura, un 23,8 % es para uso doméstico, es decir, para consumo de la población fundamentalmente, un 20 % para diferentes usos (limpieza de calles, parques, cisternas para apagar incendios, jardinería, comercios, etc.) y solo un 4,7 % para uso industrial. Como puede verse, esta es la distribución por sectores del agua a nivel nacional. La gráfica de la figura N° 4 muestra un gran pico en el uso doméstico en La Habana (3), y otro menor pero también grande para Santiago de Cuba (14). De igual manera, se evidencia que La Habana, Cienfuegos, y Santiago de Cuba no sobrepasan el 30 % del agua para la agricultura, 9 provincias usan más del 50 % del total que consumen, y 4 entre el 30 % y el 40 %.

Fig. Nº 4.- Usos del agua según provincias



Fuente: Domínguez, 2017

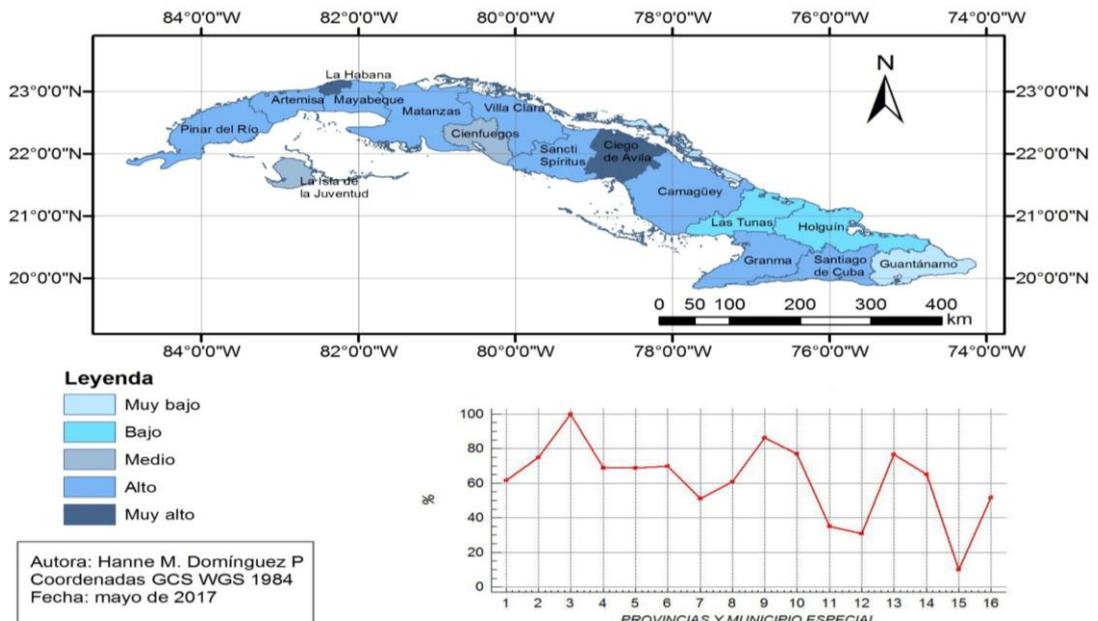
De igual manera en el cuadro Nº 3 resultan de interés el indicador Stress Hídrico, ya explicado anteriormente. Tiene un valor promedio de 61,8 % y una variabilidad del 36 % según su coeficiente de variación (Cv). Ello indica que este promedio está por encima del valor medio del 50 %, que se traduce en que la disponibilidad de los recursos aprovechables esta ya por encima del 50 %, pudiéndose interpretar de dos formas: primero, no es bueno porque se está utilizando más del 50 % de lo que realmente las condiciones naturales se ha permitido en cuanto a construcciones hidráulicas para el almacenaje del escurrimiento y disponer de los acuíferos para el almacenaje de las aguas subterráneas, lo que conlleva a la idea de una posible sobreexplotación de los recursos hídricos antes de tiempo y segundo, es bueno, porque se ha ido creando la infraestructura necesaria para hacer frente a las necesidades socio económicas de cada una de las provincias.

Por otro lado, no es ocioso pensar que los efectos del Cambio Climático parecen amenazar con menos agua de lluvia, por tanto, menos escorrentía y menos infiltración para las aguas subterráneas, lo que alteraría los actuales valores de recursos hídricos, es decir, se tendría menos recursos hídricos potenciales, por tanto, menos aprovechables y finalmente menos posibilidad de hacerlos disponibles para las necesidades futuras.

El mapa de la figura Nº 5, conduce a un análisis por provincias del stress hídrico. En esta se observa que excepto tres provincias: Las Tunas (11), Holguín (12) y

Guantánamo (15), el resto, que cuentan 13 provincias, sus valores de Stress Hídrico sobrepasan el 50 %, aspecto que merece la atención del INRH para la toma de medidas desde el presente y teniendo en cuenta lo que ya se explicó de la influencia de los cambios Climáticos.

**Fig. Nº 5: Mapa de la distribución del Stress Hídrico por provincias y el municipio especial Isla de La Juventud.**



Fuente: Domínguez, 2017

De particular interés resulta el cálculo de los Índices de Suficiencia del Agua para los Recursos Hídricos Potenciales por habitante (IRHPot/hab), para los Recursos Hídricos Aprovechables por habitante (IRHAprov/hab) y para los Recursos Hídricos Disponibles por habitante (IRHDis/hab) que se muestran en el cuadro 2 por provincias, cuyo cálculo se realizó de la siguiente manera:

El Índice de Suficiencia del Agua tiene su origen en la comprensión de la formulación teórica del universalmente conocido Índice de Pobreza del Agua (IPA) que a su vez es similar al Índice de Desarrollo Humano (IDH). Ambos tienen en común que hacen uso de un determinado número de variables de diferentes características según el objetivo de cada cual. Matemáticamente se trata de determinar el lugar que ocupa cada variable dentro del espectro de valores de esa misma variable y llevada a %. Mientras mayor es el % se está en mejores condiciones respecto al resto de las unidades o provincias en este caso, por ejemplo, en cuanto a los Aprovechables, Guantánamo tiene el primer lugar (100 %) de mejores condiciones para aprovechar sus recursos,

mientras que La Habana (0 %) es la que en peores condiciones está, simplemente porque prácticamente no tiene recursos propios en su territorio para sus necesidades, es hidrod dependiente. Un análisis similar se puede hacer para los disponibles, aunque los resultados pueden ser muy diferentes porque los conceptos de uno y otro así lo son.

Metodológicamente se procede así: Tomando como ejemplo cualquier posible valor deseado en los Recursos Hídricos Aprovechables por habitante, la fórmula aplicada es la siguiente:

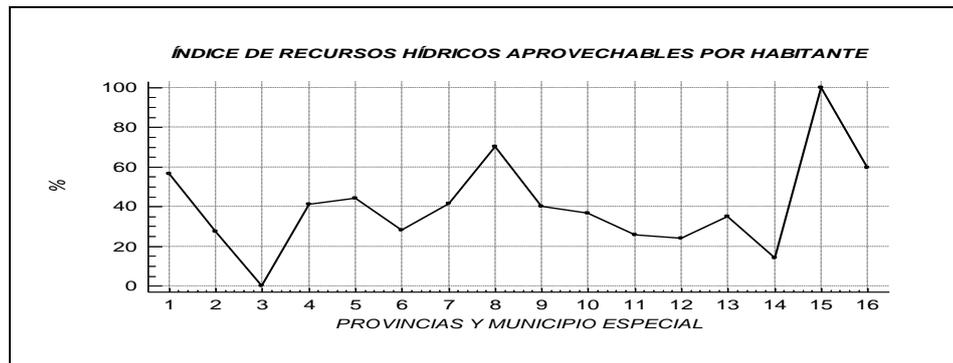
$$IXi = \left[ 1 - \left( \frac{X_{m\acute{a}x} - Xi}{X_{m\acute{a}x} - X_{m\acute{i}n}} \right) \right] * 100 \% \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

- $IXi$  es el Indicador de Suficiencia de Agua de Recursos Hídricos Aprovechables por Habitante (IRHAprov/hab) de la provincia en cuestión.
- $Xi$  es el valor de RHAprov/hab de la provincia estudiada.
- $X_{m\acute{a}x}$  representa el máximo valor de los RHAprov/hab de la serie de provincias valoradas.
- $X_{m\acute{i}n}$  representa el mínimo valor de los RHAprov/hab de la serie de provincias valoradas.

Como se podrá observar, en la medida que el IRHAprov/hab es mayor en % tiene mayor suficiencia de agua que los que tienen valores inferiores en el contexto de las 16 unidades geográficas (provincias). Como ejemplo del uso de este indicador el gráfico de la figura N° 6 muestra el comportamiento de cada provincia. En este gráfico se aprecia que existen dos provincias muy por debajo del resto, La Habana y Santiago de Cuba, menos del 20 %, ambas con características similares de desde el punto de vista fisico geográfico y socioeconómico, muy urbanizadas y con pocas fuentes hídricas de autoabastecimiento, siendo hidrod dependientes de sus provincias vecinas, y dos muy por encima del 60 % y del resto, Sancti Spiritus y Guantánamo, por características contrarias a las dos anteriormente mencionadas.

**Fig. Nº 6.- Gráfico que muestra la distribución por provincias del Índice de Suficiencia del Agua para los Aprovechables (IRHAprov/hab)**



Fuente: Domínguez 2017

### Resultados y discusión

El cuadro Nº 2 muestra los valores de los diferentes indicadores de los recursos hídricos en cada provincia, en millones de m<sup>3</sup>, en la misma se aprecia que para las provincias de la región occidental (azul) los valores de RHApov oscilan entre los 323 (valor mínimo de toda Cuba) de La Habana y los 2144 para Pinar del Río, mientras que los valores de los RHDisp oscilan entre los 323 de La Habana y los 1390 de Matanzas. El promedio de las sumatorias provinciales de RHApov de esta región occidental es de 6421, mientras que el de RHDisp es de 4426, lo que hace un Stress Hídrico del 68,93 %, considerado muy alto. Para las provincias de la región central (verde) los valores de RHApov oscilan entre 931 en Las Tunas y 2087 en Sancti Spiritus, mientras que los valores de RHDisp oscilan entre 325 en Las Tunas y 1434 en Camaguey. El promedio de las sumatorias provinciales de la región central es de 8621 para los RHApov y 5622 para los RHDisp con un Stress Hídrico del 65,21 %, también alto. Para la región oriental (en malva), los valores de las provincias oscilan entre los 1081 para Santiago de Cuba y los 3261 para Guantánamo para los RHApov, mientras que para los RHDisp los valores oscilan entre 519 para Holguín y 1478 para Granma. El promedio de las sumatorias provinciales de la región es de 7956 de RHApov y 3029 de RHDisp, lo que hace un Stress de solo el 38,07 %, aceptable.

Los gráficos de la figura Nº 3 evidencian las diferencias entre las tres regiones del país, occidente con la gran influencia de La Habana con valores muy bajos al igual que La Isla de La Juventud, la región central muy estable alrededor de un valor medio y la región oriental con saltos significativos por la influencia de Guantánamo, todo ello debido a las diferencias fisicogeográficas y socioeconómicas que existen entre las tres regiones sobre todo las primeras.

El cuadro N° 3 invita a una reflexión muy seria relacionada con el uso del agua en Cuba. Se evidencia que la mayor parte se utiliza en la agricultura en estos momentos y sobrepasa el 50 % de total utilizado. La actividad agrícola, pecuaria y forestal es vital para el desarrollo sustentable de Cuba y el agua es un factor limitante si se hace deficitario en el corto, mediano y largo plazo, lo que hace pensar que además de aplicar la ciencia y la tecnología al máximo nivel posible será también indispensable aumentar los volúmenes a explotar en general y en particular en los puntos y regiones geográficas donde el desarrollo del turismo tiene gran potencial, entre estos grandes urbes como La Habana y Santiago de Cuba por solo citar dos ejemplos.

El Stress Hídrico es alto en todo el país por encima del 50 % en casi todas las provincias, la única solución a corto, mediano y largo plazo es aplicar una política a conciencia de la necesidad del ahorro del agua al mismo tiempo que llevar a cabo investigaciones para desalinizar el agua de mar, la que más tarde o más temprano habrá que utilizar.

En cuanto al Indicador de Suficiencia de agua para los Recursos Hídricos Aprovechables por habitante se observa que en la medida que el IRH<sub>Aprov/hab</sub> es mayor en % tiene mayor suficiencia de agua que los que tienen valores inferiores en el contexto de las 16 unidades geográficas (provincias). Como ejemplo del uso de este indicador el mapa y gráfico de la figura N° 6 muestra el comportamiento de cada provincia. En el gráfico se aprecia que existen dos provincias muy por debajo del resto, La Habana y Santiago de Cuba, menos del 20 %, ambas con características similares de desde el punto de vista fisicogeográfico y socioeconómico, muy urbanizadas y con pocas fuentes hídricas de autoabastecimiento, siendo hidrodendientes de sus provincias vecinas, y dos muy por encima del 60 % y del resto, Sancti Spiritus y Guantánamo, por características contrarias a las dos anteriormente mencionadas.

Es conveniente e imprescindible hacer algunas reflexiones sobre cuál debe ser la línea de desarrollo o más bien la línea de deseo de desarrollo de la actividad hidráulica en Cuba en el futuro una vez conocidas las características ya expresas a lo largo de este trabajo y que se resumen en un país con limitaciones reales de recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, y que los índices mencionados de Stress Hídrico hablan por sí solos de una necesidad de corregir el uso acelerado de los recursos hídricos disponibles mientras no se crean más estructuras hidráulicas que permitan un mayor volumen de aprovechables y por tanto disponibles, lo que quiere decir que hay que ir hacia una política de mayor exigencia en el uso eficiente del recurso. Como se pudo apreciar, un breve análisis cuantitativo de las tres regiones del

país en cuanto al uso de ambos tipos de recursos (aprovechables y disponibles) asociados al Stress Hídrico nos llevan a la conclusión de un sobre uso de los disponibles, aunque en la práctica no se puede afirmar que ello implique “uso irracional” de dicho recurso, quizás el uso esté justificado, pero a futuro aún justificado se está atentando contra posibles necesidades aún con mayor prioridad que las actuales, se ve en el horizonte el Cambio Climático o ciclos dentro de la Variabilidad Climática que puedan ser muy perjudiciales. Cuba, dada su condición de país en vías de desarrollo y rodeada de agua de mar no tiene condiciones económicas para asumir retos de desalinización del agua de mar por resultar métodos muy caros aún. Por otro lado, y según la ley No. 124 de la Gaceta Oficial del 2017, en su Título I y Capítulo I respecto de las Aguas Terrestres (Gaceta Oficial, 2017) queda bien definido el rol del estado y de las instituciones pertinentes en garantizar el preciado recurso a todos los cubanos y cubanas, así como la preservación del medioambiente. En la nueva constitución de la República de Cuba, recién aprobada se reafirma tales propósitos, de igual manera queda pendiente la urgente necesidad de una reevaluación de los Recursos Hídricos Potenciales y Aprovechables de Cuba dada las necesidades actuales y futuras.

### Conclusiones

Cuba necesita de manera urgente una reevaluación del potencial de sus recursos hídricos para posteriormente calcular los aprovechables y disponibles teniendo en cuenta las nuevas condiciones de transformación del territorio cubano y los posibles impactos del Cambio Climático. Es imprescindible una mejor política del uso racional de los recursos hídricos dada la situación actual del Stress Hídrico a nivel del país. A niveles regionales y locales, la provincia Granma es la que más Recursos Hídricos Potenciales (RHPot) tiene, sin embargo, los Recursos Hídricos Aprovechables (RHApov) están al mismo nivel que el resto del país, por tanto, es posible llegar a la conclusión de que estos RHApov están subvalorados. Se observan muy bajos valores de Recursos Hídricos Disponibles por habitante (RHD/hab) en las provincias de La Habana y Santiago de Cuba dado fundamentalmente por el peso del número de habitantes que tienen las mismas, sobre todo la primera haciendo que se necesite encontrar alternativas emergentes de abastecimiento de nuevas fuentes y con uso más eficiente dado el impacto del rápido crecimiento del turismo en los últimos años. La mayoría de las provincias tienen valores de Estrés Hídrico por encima del 50%, lo que merece especial atención teniendo en cuenta la influencia de los Cambios Climáticos en nuestro país. En cuanto al Índice de suficiencia del Agua para los

Aprovechables (IRHAprv/hab) existen dos provincias muy por debajo del resto con menos del 20 %, La Habana y Santiago de Cuba, ambas con características similares de desde el punto de vista fisicogeográfico y socioeconómico, muy urbanizadas y con pocas fuentes hídricas de autoabastecimiento, siendo hidrodendientes de sus provincias vecinas, y dos muy por encima del 60 % y del resto, Sancti Spiritus y Guantánamo, por características contrarias a las dos anteriormente mencionadas. Se deben tener en cuenta situaciones muy actuales, para a su vez tenerlas muy en cuenta en las nuevas leyes que se deben derivar de la nueva constitución de la República de Cuba.

## Referencias bibliográficas

ACADEMIA DE CIENCIAS DE CUBA (1989). *Nuevo Atlas Nacional de Cuba (NANC)*. La Habana. Cuba.

DE ARAUJO, J.C. & PIEDRA, J.I.G. (2009). Comparative Hydrology: analysis of semiarid and humid tropical watershed. *Hydrological Processes*, v. 23, n. 8, p 1169 – 1178. USA.

DOMÍNGUEZ, H.M. (2017). *Caracterización de los Recursos Hídricos, Uso del Agua y Cobertura Sanitaria en Cuba. Tesis de licenciatura*. Facultad de Geografía. Universidad de La Habana. Cuba.

FORO MUNDIAL DEL AGUA (2006). *Memorias del Foro Mundial del Agua*. DF. México.

GACETA OFICIAL (2017). *Ley No. 124 sobre Las Aguas Terrestres. Título I, Capítulo II*. ISSN 1682-751. Ministerio de Justicia. República de Cuba. Cuba.

GONZÁLEZ (2014). *El escurrimiento sólido y su relación causal con el escurrimiento líquido en siete cuencas hidrológicas superficiales del occidente de Pinar del Río, Cuba*. IX Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos (ENES). Brasil.

INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS HIDRÁULICOS (INRH) (2005). *Informe a la Comisión de Cultura, Educación, Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de la Asamblea Nacional del Poder Popular*. La Habana. Cuba.

INSTITUTO DE METEOROLOGÍA (INSMET) (2015). *Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. La Habana. Cuba. pp 116 – 118.

NÚÑEZ JIMÉNEZ, A (1982). *“El Archipiélago, Serie Cuba, La Naturaleza y el Hombre”*. Editorial Letras Cubanas. La Habana. Cuba.

OFICINA NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMACIÓN (2015). *Anuario estadístico 2014*. La Habana. Cuba.

UNICEF (1999). *Manual sobre el agua. Serie Directrices Técnicas sobre agua, medio ambiente y saneamiento - No. 2*. Nueva York. EEUU.

**González Piedra, J. I. - Domínguez Pastrana, H. M.** | Distribución espacial de los recursos hídricos en Cuba

WIEGAND (2016). *Vulnerabilidade á eutrofização de dois lagos tropicais de climas úmido (Cuba) e semiárido (Brasil)*. DOI: 10.1590/S1413-41522016139527. Foxit Reader. Brasil.