



Título Convención 2021
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
Factores climáticos que inciden en el consumo doméstico.

SIMPOSIO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCIONES

Factores climáticos que inciden en el consumo doméstico.

Climatic factors that impact in the domestic water consumption

Autores:

MSc. Ing. Mario Ramos Joseph¹, MSc. Ing. Yilliam Francisco Lopez², MSc.
Ing. Anira Diaz Padron Camejo³

1-Mario Ramos Joseph. Aguas de La Habana, Cuba. mramos@ahabana.co.cu

2-Yilliam Francisco López. Aguas de La Habana, Cuba. yfrancisco@ahabana.co.cu

3- Anira Díaz Padrón Camejo. Aguas de La Habana, Cuba. adiazp@ahabana.co.cu

La Habana Septiembre 2021



Título Convención 2021
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
Factores climáticos que inciden en el consumo doméstico.

Resumen:

En la actualidad y con el acelerado crecimiento de los núcleos urbanos y el desarrollo industrial la demanda de agua está aumentando exponencialmente, a esto se deben añadir los efectos del cambio climático con la aparición de eventos extremos que aumentan considerablemente en frecuencia e intensidad, estas condicionales crean un panorama de estrés hídrico en no pocas regiones del mundo, lo que propicia que los estudios e investigaciones que permitan acercarse a entender todas las variables que intervienen en el consumo doméstico cobren una importancia relevante.

En este trabajo se propone una mirada exhaustiva a uno de los principales factores que determinan el consumo, los factores climáticos, a partir de una revisión bibliográfica se contrastan las investigaciones más destacadas y resultados relevantes en este tema en nuestros días, incluyendo un acercamiento a los trabajos realizados en Cuba. Los resultados obtenidos se convierten en herramienta de consulta obligada para estudiosos e investigadores del tema.

Palabras claves: Demanda residencial de agua, Factores, Patrones de consumo, Dotación.

Abstract:

At the present time and with the quick growth of the urban nuclei and the industrial development the demand of water is increasing exponentially, to this they should be added the goods of the climatic change with the appearance of extreme events that you/they increase considerably in frequency and intensity, these conditional ones they believe a panorama of stress hídrico in not few regions of the world, what propitiates that the studies and investigations that allow to come closer to understand all the variables that intervene in the domestic consumption charge an outstanding importance.

In this work he/she intends an exhaustive look to one of the main factors that determine the consumption, the climatic factors, starting from a bibliographical revision the most outstanding investigations and outstanding results are contrasted in this topic in our days, including an approach to the works carried out in Cuba. The obtained results become consultation tool forced for studios and investigators of the topic.

Keywords: Demands residential of water, Factors, Consumption patterns, Consumption per cápita.



. Introduccion.

En la actualidad se realizan estudios e investigaciones dirigidos a la conservación de los recursos naturales a partir de la situación existente con el agua, siendo este, el recurso más importante para la supervivencia y el bienestar humano, así como para muchos sectores de la economía. La demanda de agua está aumentando y las fuentes de la misma están disminuyendo, por ende se evidencia que está en escasez y aunque el 70% del planeta está cubierto de agua solo el 2.5% de la misma es agua potable, y de esta se tiene acceso a menos del 1% para uso humano (Ramos,2016).

Se considera que la cantidad total del agua en la tierra es de 1.836 millones de km³ la cual ha permanecido de modo aproximadamente constante durante los últimos 500 millones de años. Esta circula en el planeta a través del ciclo hidrológico (Ordaz, 2015).

Debido al aumento de la población mundial se ha elevado el consumo del preciado líquido a niveles importantes. Se comenta que, “El consumo de agua se multiplicó por seis durante el pasado siglo y para el 2025 la extracción de agua aumentará en un 50% en los países en vías de desarrollo y un 18% en los países desarrollados, fenómeno además aumentado por el cambio climático”.

Esto se debe a la falta de correspondencia existente entre la distribución geográfica de las reservas del recurso natural y los núcleos poblacionales asociados a los mismos.

Globalmente muchos países enfrentan la problemática del aumento de la demanda del agua, acompañado de la escasez de los recursos hídricos, específicamente los países en vías de desarrollo, los cuales operan sistemas de distribución ineficientes con pérdidas de agua y de facturación significantes. Se presentan factores que inciden tales como, infraestructuras en deterioro, presiones altas, corrosión de las tuberías, sistemas de distribución deficientes, errores de medición, uso ilegal, operaciones y prácticas de mantenimiento deficientes, han sido los contribuyentes a las pérdidas de agua (Mutikanga, 2012).

En América Latina según el Boletín de Noticias (2013) el 45% del agua que debe llegar a los grifos se pierde por el camino. Para el caso de Cuba las pérdidas se comportan al 45% a partir de lo planteado en el año 2017 en el programa de la televisión nacional cubana “Mesa Redonda”. Es importante destacar que esta pérdida de agua, no se le puede facturar a nadie.



Título Convención 2021
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
Factores climáticos que inciden en el consumo doméstico.

Cuba que cuenta con sistemas de abasto de agua de más de 100 años de antigüedad, no está ajena a la problemática de las pérdidas de agua, de acuerdo a estimaciones del INRH, se pierden 2 500 hectómetros cúbicos anualmente, que equivalen a 730 000 000.00 CUP. Estos valores también han sido desagregados en otras publicaciones, ejemplo de ello en CUBADEBATE durante el 2013, donde se plantea que de toda el agua que se bombea se pierden los por las razones siguientes:

- El 16% en las conductoras.
- El 20% en las redes.
- El 22% en las redes intradomiciliarias de las empresas y organismos.

Las pérdidas de agua tienen un impacto ambiental negativo para la sociedad ya que provocan un gran despilfarro y a su vez un exceso de consumo de este preciado recurso. No sólo impiden un mayor acceso al preciado líquido, sino que representan un gran derroche de energía, falta de garantía en la calidad del servicio y poco control de la red, lo que se traduce en que el sistema se vuelve vulnerable ante las sequías, que cada vez se hacen más frecuentes.

La clave para desarrollar una estrategia de reducción de pérdidas de agua es obtener una mejor comprensión de las razones de estas y de los factores que influyen en ellos. Cada técnica y procedimiento que se puedan desarrollar, deben ser adaptados a las características específicas de la red y a factores de influencia local, para hacer frente a cada una de las causas por orden de prioridad.

Dentro de las pérdidas de agua es importante la gestión o conocimiento de los patrones de consumo porque son herramientas fundamentales para la operación, el planeamiento, el diseño y la predicción de la demanda futura, factores de gran importancia en la actualidad donde además se aprecia la aparición de nuevos protagonistas como el cambio climático, y el aumento en magnitud y frecuencia de la aparición de eventos extremos entre ellos las sequías.

Los patrones de consumo de agua están distribuidos de forma irregular en el espacio y en el tiempo, viéndose afectados por diversas variables que pueden ser socioeconómicas, climáticas, localización geográfica, tecnológicas, características de las viviendas, el precio y disponibilidad del agua todos los cuales conforman un producto final que es la demanda de agua.

En este trabajo se tiene como objetivo fundamental:



Reconocer los principales factores que influyen en el consumo doméstico a partir de las condiciones climáticas.

Marco Teórico.

El consumo del agua puede verse afectado por varias causas, se puede apreciar que la mayoría de los estudios precedentes del tema son fundamentalmente realizados en países desarrollados USA, Reino Unido y Australia. En los últimos tiempos se han impuesto en los principales estudios a nivel global distintas clasificaciones para reconocer estos efectos que se pueden agrupar fundamentalmente en sociodemográficos, económicos o políticos económicos, climáticos, tecnológicos, modelo urbano y psicológicos.

En cada caso y estudio en función de las características del sistema de abasto, país y región geográfica y el resto de factores predominantes se ha establecido cuales son los parámetros que afectan el consumo, sin embargo a nivel global si se pueden agrupar algunas variables que aparecen sistemáticamente en los diferentes estudios de todas las latitudes, como el nivel de ingreso, la edad, la presencia de jubilados y la cantidad de personas por vivienda en algunos casos (Bich-Ngoc, 2018), el impacto de la temperatura, las precipitaciones en otros, (House-Peters et al. 2010), la existencia de las tarifas es una variable necesaria a tener en cuenta como expresa (Liu et.al,2003).

Otros autores hablan de una psicología que determina el consumo como se expresa en (Morote et. Al,2017) algunos estudiosos relacionan el consumo con las características de las viviendas como su antigüedad, la cantidad de habitaciones, baños o su nivel de consumo interno(De Oreó,1999), se encuentran estudios donde la variable a tener en cuenta es la aplicación de técnicas y accesorios ahorradores de agua a nivel de viviendas unifamiliares, (Giurco,2008), otra nueva arista abierta más recientemente es la que plantea la existencia de niveles de consumo por razones o por un componente social (Morales y Gori,2021), en otras palabras el comportamiento de un grupo social es equivalente con el consumo de agua de sus viviendas, en opinión del autor se puede encontrar un símil en los clientes que pertenecen a un mismo sector hidrométrico y se aprecia que en sentido general tienen consumos similares.

Todos estos trabajos son la base para poder establecer un conocimiento más preciso de los principales factores que determinan el consumo, así como de sus posibles



Título Convención 2021
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
Factores climáticos que inciden en el consumo doméstico.

interrelaciones y como este conocimiento se puede convertir en una extraordinaria herramienta para la caracterización del consumo en cada sistema de abasto y la previsión de los consumos y por tanto para todos los actores que tienen que ver con el recurso desde el nivel nacional hasta el nivel de cuenca hidrográfica llegando a las empresas de acueducto.

Para cumplir con el objetivo propuesto se realizó una búsqueda bibliográfica de los principales estudios que se han desarrollado sobre el tema los cuales son la antesala perfecta para una evaluación bibliográfica:

Desarrollo factores Climáticos.

El consumo de agua en una ciudad puede verse afectado por factores climáticos debido a diferentes necesidades y formas de utilizarla de acuerdo con las condiciones climatológicas de cada lugar y de cada momento. Asociado a eso, están las costumbres de los ciudadanos en cómo se relacionan con el agua. El cambio climático caracterizado por el cambio de patrones climáticos en un determinado lugar e intervalo de tiempo, principalmente, por el aumento de la temperatura media global y por la ocurrencia de eventos extremos, trae consigo otros desafíos a los profesionales que se dedican al suministro de agua. De ahí que proceder con estudios sobre la demanda de agua para una cierta localidad o región se convierte en un aspecto fundamental para garantizar un servicio de suministro eficiente a través del mejoramiento en la gestión de la demanda y de los sistemas de distribución de agua partiendo del comportamiento de los ciudadanos ante estos cambios.

Uno de los objetivos estratégicos para toda empresa de abasto de agua es el conocer el comportamiento del consumo en sus clientes, con vistas a anticiparse a demandas futuras y poder modelar la demanda real actual. Entre los temas de patrones de consumo, y dentro de las múltiples variables que intervienen activamente en el consumo doméstico, ya sean culturales, geográficos, o económicos, la variabilidad climática toma cada vez mayor importancia y aporta seguimiento de estudiosos y científicos debido a su nexo actual con el cambio climático. La determinación de la relación existente entre las principales variables que afectan el consumo y el consumo doméstico es una herramienta



Título Convención 2021
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
Factores climáticos que inciden en el consumo doméstico.

imprescindible para las empresas de acueducto en procesos claves previos a la caracterización de la demanda futura.

Históricamente se han realizado una serie de estudios con el intento de identificar los principales usos residenciales y determinar el factor clave que afecta a los patrones del uso final (De Oreó, 2011).

Un aparte especial conlleva los estudios que relacionan el consumo doméstico con las variables climáticas, en este caso se pueden encontrar los trabajos de

Da Costa (2012), realizó un estudio sobre la influencia de las variables meteorológicas sobre el consumo de agua en varios municipios de la región de Algarve (Portugal) aplicando la técnica de la regresión lineal múltiple. Del estudio encontró que la temperatura del aire es la variable que más afecta al uso de agua, de donde constató que las temperaturas máximas están asociadas a altos consumos de agua; no encontró correlación entre los valores diarios de la precipitación y el consumo de agua

Akuoko-Asibey et al. (1993) realizaron un estudio en la ciudad de Calgary (Canadá) con base en variables climáticas y consumo de agua per cápita semanal de una serie de 8 años (1982 -1989) y llegaron a la conclusión de que el consumo per cápita semanal decrece con la precipitación.

Con el objetivo de analizar los factores que afectan al consumo de agua en la ciudad de Uberlândia (Brasil), Dalmônica (2014) realizó un estudio para un período de cinco años (2008 a 2012) del que encontró que todas las variables climáticas tenían correlación con el consumo del agua

Del estudio realizado por Lott et al. (2014) utilizando una base de datos mensuales sobre uso de agua de 9 años (2003 a 2011) provenientes de dos diferentes empresas que operan en el área metropolitana de Reno región norteña de Nevada (U.S.A.) se encontró que un aumento de 1°C en la temperatura media mensual durante la estación de primavera implica, de acuerdo con datos de las dos fuentes respectivamente, en un aumento de 3.8% y 3.4% en el uso del agua; mientras que un aumento de temperatura en 1 °C durante la estación de otoño implica en un aumento de 4.3% y 3.8%. Para la estación de verano los consumos aumentaron en un orden de 0.5% y 0.2% para el mismo aumento del valor de la temperatura.

Un estudio realizado en Phoenix, Arizona (U.S.A.) con base en una serie de datos sobre el uso residencial del agua de 10 años (1995 a 2004) y utilizando una serie de



Título Convención 2021
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
Factores climáticos que inciden en el consumo doméstico.

procedimientos estadísticos, reveló que, el consumo del agua está considerablemente relacionado con la variabilidad climática; un tercio de las zonas estudiadas no presentó ninguna sensibilidad a la variación climática, mientras en otra zona, la variación en el consumo del agua fue 72% explicado por la variación del clima. Concluyeron que el consumo aumenta, generalmente, cuando la temperatura registra valores por encima de la media, cuando la precipitación registra valores por debajo de la media y cuando el área enfrenta un período de sequía. La mayor sensibilidad del consumo del agua a las condiciones atmosféricas ocurre en áreas con muchas piscinas, gran proporción de residentes con alta renta, terrenos grandes y una gran proporción de paisajismo local irrigado (Balling Jr. et al. 2008). Los resultados obtenidos en este estudio, coincidieron con los obtenidos de un estudio anterior realizado por Balling y Gober (2006) en la misma ciudad sobre la variabilidad del clima y uso residencial del agua con base a una serie de datos de 25 años (1980 a 2004) donde obtuvieron coeficientes de correlación entre el uso del agua con la temperatura media anual y la precipitación anual de +0.55 y -0.69 respectivamente, lo que ilustra un aumento del uso del agua con altas temperaturas y baja precipitación)

Sarker et al. (2013) realizaron un estudio en Greater Melbourne (Australia) sobre los valores límites de la temperatura y lluvia a partir de los cuales se produce efectos en el consumo del agua. Utilizando una serie de datos diarios sobre el consumo de agua, temperatura y lluvia de 30 años (1980 a 2009), de sus análisis concluyeron que el valor límite de la temperatura para el cual se producía efecto en el consumo del agua era de 15,53°C, demostrando que el uso del agua aumenta al aumentar la temperatura y para valores de temperatura por debajo del valor límite no ejercían influencia. Para la lluvia el valor límite fue de 4.08 mm, observándose que para valores de precipitación debajo de este, el uso del agua aumenta al decaer de la precipitación.

Del estudio realizado por Soto-Montes y Herrera-Pantoja (2016) en la ciudad de México (caracterizada por un clima semiárido al norte con altas temperaturas y moderado húmedo al sur con bajas temperaturas) con base en un análisis de regresión de una muestra de 58 456 consumidores domésticos que cuentan con un servicio con medición de un total de 2,03 millones de usuarios para el periodo de 2007 a 2013, se encontró que los efectos sobre el consumo de agua son influenciados positivamente por la temperatura y negativamente por la precipitación. 10% de aumento en la temperatura está asociado con



Título Convención 2021
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
Factores climáticos que inciden en el consumo doméstico.

un aumento de 5% el en consumo doméstico de agua y el aumento de 10% en la precipitación está asociado a un descenso de 1,2% en la cantidad demandada. La temperatura media anual es de 16,7 °C para la región norte y de 11 °C en el sur.

Schleich y Hillenbrand (2007), en un estudio sobre los factores determinantes de la demanda de agua en Alemania, utilizando dos modelos encontraron que en uno de los modelos la lluvia resultó estadísticamente significativa con un signo negativo y también se verificó que un descenso de la lluvia en el verano podría resultar en un aumento del consumo de agua diario por persona en cerca de 0,7 litros de acuerdo con el modelo 1, que aplica una única ecuación de regresión y técnicas de instrumentación variable, y cerca de 1,2 litros de acuerdo con el modelo 2, el cual solo utiliza técnicas de instrumentación variable. Mientras que para la temperatura no fue estadísticamente significativa en el consumo de agua. Una posible explicación es la relativa baja variación de la temperatura a lo largo del área de estudio.

De los resultados de un estudio realizado en el municipio de Nobres en el Estado de Mato Grosso (Brasil) sobre previsión del consumo diario de agua se encontró la existencia de una relación positiva entre temperatura y el volumen diario consumido y una relación negativa entre humedad relativa del aire y el volumen diario consumido (Silva et al. 2016).

Barbiero y Lemes (2011) realizaron un estudio en la ciudad de Maringá sobre la influencia de las estaciones del año en el consumo de agua con datos climáticos del periodo 2009/2010. Del estudio concluyeron que la temperatura puede afectar al consumo de agua, pero para una ciudad donde interaccionan varios otros factores se hace necesario la consideración de los demás factores ya que sus conclusiones confirmaron que no siempre los altos valores de temperaturas implicaban altos valores de consumo de agua.

Un estudio realizado en Canadá incluyendo tres ciudades (Calgary, Ottawa y Montreal todas con características climáticas y socioeconómicas distintas) llegó a la conclusión de que la demanda urbana de agua tenía una correlación lineal con la temperatura media diaria. La ciudad de Calgary es caracterizada por un clima continental con un invierno con temperaturas muy bajas, verificándose periodos moderados y de veranos cálidos. Ya las ciudades de Montreal y Ottawa son caracterizadas por un clima continental moderado con inviernos con temperaturas muy bajas y veranos húmedos y cálidos. Con valores de temperatura entre los cerca de -25 °C a casi +30 °C, se encontró



Título Convención 2021
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
Factores climáticos que inciden en el consumo doméstico.

una correlación lineal entre la demanda de agua urbana y la temperatura media por encima de los 10 °C para la ciudad de Calgary y por encima de los 12 °C para las dos otras ciudades. La demanda urbana de agua estuvo fuertemente asociada con la temperatura en la ciudad de Calgary donde esta aumentaba en aproximadamente 100 ML por día para un aumento de 2 °C en la temperatura. En contrapartida, para los tres casos no se encontró ninguna correlación entre la demanda de agua y la precipitación (Adamowski et al. 2012).

Chang et al. (2014) en sus estudios sobre la sensibilidad del consumo de agua a la variabilidad de las condiciones atmosféricas y climáticas en una escala temporal múltiple en Portland, Oregón (EUA) abarcando una serie de datos de 54 años (de 1960 a 2013) encontró que, para la escala de tiempo estacional y mensual, la variación interanual en la temperatura máxima es el mejor predictor del consumo per cápita estacional explicando un 48% de la variación del consumo de agua mensual estacional. Para la estación de verano, la correlación entre la temperatura y el consumo de agua es siempre más alta que la que ocurre entre la precipitación y el consumo. Se observó que para uno de los meses del verano un aumento de la temperatura en 1 °C implicaría un aumento en el consumo de agua de 20,7 L/día per cápita. De sus análisis con base en datos mensuales, estos autores concluyeron que la temperatura máxima y la precipitación en conjunto explican menos de la mitad del consumo de agua mensual, por lo que admiten existir otras variables hidrometeorológicas que explican variaciones adicionales en el consumo de agua mensual.

Dos Santos (2011) en sus investigaciones sobre la previsión de la demanda de agua en la región metropolitana de São Paulo (Brasil), encontró que entre las diversas variables estudiadas, la temperatura y la humedad del aire fueron las variables que con mayores coeficientes de correlaciones de 0,60 y -0,67 respectivamente.

Rathnayaka et al. (2015) realizó un estudio en la ciudad de Melbourne Australia usando datos de un periodo de dos semanas (en julio y agosto, 2010) para la estación de invierno y un periodo de dos semanas del mes de enero de 2012 para la estación de verano, reveló diferencias en los usos finales del agua entre las estaciones de verano e invierno para dos zonas con características considerablemente diferentes. En una de las áreas estudiadas, valores bajos de los usos de agua se registraron en la ducha e inodoro para la estación de verano en comparación con la de invierno. Mientras que para la otra área de estudio se encontró la ducha y el grifo como los usos finales que presentan mayor



Título Convención 2021
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
Factores climáticos que inciden en el consumo doméstico.

variabilidad entre las dos estaciones registrando valores altos durante el verano. Mientras el uso de agua en irrigación presentó valores altos en el verano donde, se pudo apreciar un aumento del uso del agua con el aumento de la temperatura máxima diaria para ambas áreas de estudio. Una de las áreas la variación fue de 16,4 L/p/d y en la otra 29,6 L/p/d con un 65% parcialmente explicado por la temperatura máxima diaria.

Del informe sobre consumo de agua en la Unión Europea (EU) las condiciones climáticas muestran alguna importancia sobre la variación del consumo de agua en algunos países. Para Chipre el aumento de la lluvia en cerca de 10% resulta en un aumento del consumo en el orden de 0,5% y para UK las condiciones climáticas juegan un papel significativo moderado sobre el consumo de agua siendo que para un aumento de 10% de lluvia se registra un descenso en el consumo de agua en el orden de 0,05%. Para España las condiciones climáticas no fueron muy significativas sobre el consumo de agua.

De un estudio realizado en Suecia con el objetivo de determinar, entre varios factores, la influencia de los factores climáticos sobre el consumo de agua de diferentes regiones de aquel país con base en un análisis espectral, modelación sinusoidal y análisis de regresión lineal múltiple, se encontró que del análisis de regresión lineal simple para las tres áreas municipales estudiadas el consumo de agua tiende a aumentar con el aumento de la temperatura. Para cada una de las tres áreas, el aumento de la demanda de agua es, respectivamente, de 5,5%, 1 a 2% y de 2 a 12% en cada 2 °C de subida de temperatura para un límite de 12 °C, observándose que, para el último municipio, el área estudiada se caracteriza por la existencia de casas para actividades de verano y temperaturas variando de un mínimo de -25 °C hasta un máximo de 25,9 °C (Brandner, 2016)

Un estudio conducido en New South Wales, Australia, una región caracterizada por temperaturas máximas medias de 12 °C y 22 °C durante las estaciones de invierno y verano respectivamente, con base en una serie de datos de 15 años (1997 a 2011), a través de Análisis de los Componentes Principales (PCA) que es una técnica de identificación de correlaciones entre factores y agrupamiento de objetos en una gráfica transformando el conjunto de datos a un número de componentes principales ortogonales. De este estudio se encontró que la temperatura máxima media mensual y la lluvia presentan una baja correlación con el consumo de agua mensual por vivienda siendo positiva para la temperatura y negativa para la lluvia. La temperatura fue la variable de mayor efecto



Título Convención 2021
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
Factores climáticos que inciden en el consumo doméstico.

comparativamente con la lluvia, indicando un aumento de la demanda con el aumento de esta (Haque et al. 2015).

De Lima Lins (2011) en su estudio sobre las variables determinantes en el consumo urbano de agua de uso doméstico en la ciudad de Campina Grande – PB (Brasil) donde utilizó técnicas estadísticas multivariadas para determinar el grado de influencia de las variables socioeconómicas y climáticas en el comportamiento de los consumidores residenciales urbanos con base en una serie de datos de 9 años, no encontró correlaciones significativas entre el consumo de agua y las variables climáticas (con excepción a dos barrios de un total de 16 estudiados). Este autor reconoce que la falta de datos climatológicos fiables para la mayoría de los barrios estudiados, puede haber sido la razón por la cual las correlaciones no fueron significativas, a partir de reconocer que los dos barrios que presentaron alguna correlación entre los factores climáticos y el consumo coincidían con las zonas de ubicación de las estaciones climatológicas (De Lima Lins, 2011).

De Souza et al. (2015), realizaron un estudio en la ciudad de Aquidauana (Brasil) sobre la variación climática y el consumo urbano del agua con base una serie de datos mensuales de 10 años (2005 a 2014). Con un clima tropical, la región de estudio en el periodo considerado es caracterizada por poseer un clima con valores mensuales mínimos y máximos, respectivamente, de 23,53 a 37,37 °C para la temperatura máxima; 68 a 96,77% para la humedad relativa máxima y precipitación entre 0 a 301,13 mm. El estudio reveló la no existencia de correlación entre factores climáticos (temperatura del aire, lluvia, velocidad del viento y la humedad relativa) con el consumo del agua. Una de las probables razones de la falta de correlación entre las variables según los autores es la baja variación de la temperatura que caracteriza la región.

En Cuba Guilherme (2017) específicamente en el área de gestión de la empresa Aguas de La Habana realizó un estudio por primera vez que determina la relación entre el consumo per cápita doméstico y las variables climáticas y bioclimáticas en una muestra de clientes durante un periodo de 1066 días, que concluyó que la humedad relativa máxima y la temperatura máxima aisladamente afectan el consumo per cápita con una razón creciente en el orden de 15,9% y 16,7% respectivamente, siendo relevante que el efecto simultaneo de ambas variables provoca aumentos significativos del consumo per cápita con una correspondencia de 28,6%.



Título Convención 2021
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
Factores climáticos que inciden en el consumo doméstico.

La precipitación media causa variación sobre el consumo per cápita provocando disminución en el mismo en un orden de 2,1% con el aumento de la precipitación media. Combinada con la humedad relativa media y la temperatura media, es la variable de menor efecto, pero con tendencia siempre de disminuir el consumo con su aumento.

El consumo per cápita aumenta con el aumento de la TE, en el orden de 10,7%, la TE combinada con la precipitación media provoca aumento del consumo, contrario a la precipitación y la razón de variación del consumo respecto a las dos variables es de 12,3%.

La TEE afecta al consumo per cápita de forma positiva en un orden de 13,1%, en escenario simultaneo con la precipitación provoca aumento del consumo con la subida de la TEE y la disminución de la precipitación con una razón de variación del consumo de 14,6%. De acuerdo a lo anterior la TEE es la variable bioclimática de mayor incidencia en el consumo

Conclusiones.

A partir de lo anterior se tiene que en la actualidad el aumento de los núcleos poblacionales ha provocado un aumento de la demanda de agua, la cual en determinadas zonas geográficas ha permitido la aparición de condiciones de estrés hídrico, a esto se le deben añadir la aparición de eventos extremos con mayor frecuencia e intensidad, debido al cambio climático.

En este panorama los factores climáticos como uno de los pilares claves que intervienen en el consumo residencial toman una particular importancia a partir del gran número de estudios e investigaciones que aportan resultados tanto positivos como negativos en su interrelación con el consumo doméstico de agua tal y como se demostró anteriormente, importante que Cuba se inserta en los países que realizan investigaciones en este ámbito.

En un análisis del impacto de la variabilidad climática se puede concluir que:

- La temperatura es la variable climática que más se ha podido comprobar a nivel global que influye en el consumo o demanda de agua solo en este trabajo se aprecia su presencia en el 83.3% de los casos estudiados realizados.



Título Convención 2021
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
Factores climáticos que inciden en el consumo doméstico.

- En menor proporción se aprecia que la precipitación muestra correlación casi siempre negativa con la demanda en al menos el 38.8% de los casos estudiados.
- Otras variables que aparecen en algunos estudios con mayor o menor correlación de acuerdo a la zona geográfica son la humedad relativa y la velocidad del viento.
- Es relevante el estudio realizado en Cuba específicamente en Aguas de La Habana donde se establecen relaciones positivas entre el consumo y una variable bioclimática en este caso la TEE lo cual es totalmente novedoso para la empresa Aguas de La Habana y el país.

Bibliografía.

- Adamowski, J. Adamowski, K. and Prokoph, A. (2012). "A Spectral Analysis Based Methodology to Detect Climatological Influences on Daily Urban Water Demand", International Association for Mathematical Geosciences 2012, DOI 10.1007/s11004-012-9427-0. Canada.
- Arregui de la Cruz, F.; García-Serra, García. J.; López Patiño, G.; y Martínez Solano, J. (1998). "Metodología para la evaluación de error de medición de un parque de contadores", Ingeniería del Agua, Vol.5, No.4, pp 55-66, Valencia. España
- Augustine Akuoko-Asibey , L. C. Nkemdirim & D. L. Draper (1993). The Impacts of Climatic Variables on Seasonal Water Consumption in Calgary, Alberta", Canadian Water Resources Journal / Revue canadienne des ressources hydriques, 18:2, 107-116, DOI: 10.4296/cwrj1802107.
- Balling Jr., R. C. And Gober, P. (2006). "Climate Variability and Residential Water Use in The City of Phoenix, Arizona", School of Geographical Sciences, Arizona State University, Tempe, Arizona. Journal of Applied Meteorology and Climatology Volume 46. U.S.A.
- Balling Jr., R. C. Gober, P. and Jones, N. (2008), "Sensitivity of residential water consumption to variations in climate: An intraurban analysis of Phoenix, Arizona, Water Resour. Res., 44, W10401, doi:10.1029/2007WR006722. U.S.A.
- Barbiero, L. C. da S. y Lemes, E. S. (2011). "A Influência das Estações do Ano no Consumo de Água em Maringá-PR", ISSN: 2177-3300 (on-line). Brasil.



Título Convención 2021
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
Factores climáticos que inciden en el consumo doméstico.

- Bastida Delgado, D. C. (2009). "Caracterización y estimación de consumos de agua de usuarios residenciales. Caso de estudio: Bogotá", Tesis de grado, Bogotá D.C.Colombia.
- Beal, D. C.; y Stewart, A. R.; (2011). "South East Queensland Residential End Use Study: Final Report". Urban Water Security Research Alliance Technical Report No 47. Australia.
- Brandner, H. (2016). "Identifying the Influential Factors of the Temporal Variation of Water Consumption: *A Case Study using Multiple Linear Regression Analysis*", KTH Architecture and the Built Environment, Environmental Engineering and Sustainable Infrastructure Program (EESI), SE-100 44 STOCKHOLM, Sweden.
- Bich-Ngoc, Nguyen, Teller,J (2018). " A Review of Residential Water Consumption Determinant", disponible en internet https://doi.org/10.1007/978-3-319-95174-4_52.
- Chang, H. Praskiewicz, S. Parandvash, H. (2014). "Sensitivity of Urban Water Consumption to Weather and Climate Variability at Multiple Temporal Scales: The Case of Portland, Oregon", International Journal of Geospatial and Environmental, Research: Vol. 1: No. 1, Article 7. Available at: <http://dc.uwm.edu/ijger/vol1/iss1/7>. Portland. USA.
- DeOreo, W. B. and Mayer, P. W. (1999). "Residential End Uses of Water Study", Aquacraft, Inc. Water Engineering and Management Water Research Foundation, U.S.A.
- DeOreo, W. B. (2011). "Analysis of Water Use in New Single-Family Homes", Salt Lake City Corporation and US EPA, U.S.A.
- Da Costa, H. R. L. (2012). "Influências das Variáveis Meteorológicas nos Consumos de Água", Tese de Mestrado, Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Portugal.
- Dalmônica, A. H. (2014). "Análise de Fatores Influenciadores do Consumo de Água em Uberlândia: O Caso do Setor Sul", Tese de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Civil, Uberlândia, Brasil.
- De Lima Lins, G. M. (2011). "Análise de Variáveis Determinantes no Consumo Urbano de Água de Uso Doméstico na Cidade de Campina Grande – Pb", Tese de



Título Convención 2021
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
Factores climáticos que inciden en el consumo doméstico.

- Doctorado, Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande – Pb, Brasil.
- De Souza, A. Aristone, F. Sabbah, I. Da Silva Santos, D. A. De Souza Lima, A. P. Lima, G. (2015). "Climatic Variations and Consumption of Urban Water", *Atmospheric and Climate Sciences*, 5, 292-301. Aquidauana. Brasil.
- Dos Santos, C. C. (2011). "Previsão de Demanda de Água na Região Metropolitana de São Paulo com Redes Neurais Artificiais e Condições Socioambientais e Meteorológicas", Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. Brasil.
- Giurco, D; Carrard, N.; McFallan, S.; Nalbantoglu, M.; Inman, M.; Thornton, N.; y White, S. (2008) "Residential end-use measurement Guidebook: a guide to study design, sampling and technology". Prepared by the Institute for Sustainable Futures, UTS and CSIRO for the Smart Water Fund. Victoria. Australia.
- Guilherme Foquiço Edelino, (2017) "Determinación de patrones de consumo doméstico y su relación con los factores climáticos, en un sector de Aguas de La Habana". Tesis de maestría. CUJAE. La Habana. Cuba
- Haque, Md M. Egodawatta, P. Rahman, A. Goonetilleke, A. (2015). "Assessing the significance of climate and community factors on urban water demand", *Gulf Organisation for Research and Development, International Journal of Sustainable Built Environment*, New South Wales, Australia.
- Heinrich, M. (2007). "Water End Use and Efficiency Project (WEEP) – Final Report", *BRANZ Study Report 159*. BRANZ Ltd, ISSN: 0113-3675, Judgeford, New Zealand.
- House-Peters, L. Pratt, B. and Chang, H. (2010). "Effects of Urban Spatial Structure, Sociodemographics, and Climate on Residential Water Consumption in Hillsboro, Oregon", *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)* 46(3):461-472. DOI: 10.1111 / j.1752-1688.2009.00415.x.
- Iglesias, G. S. (2013) "Pérdidas en clientes residenciales con servicio 24 horas", Tesis de Maestría, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, La Habana. Cuba.



Título Convención 2021
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
Factores climáticos que inciden en el consumo doméstico.

- Liu, J., Savenije, H.H.G., Xu, J.: Water as an economic good and water tariff design: Comparison between IBT-con and IRT-cap. *Phys. Chem. Earth.* 28, 209–217 (2003). doi:10.1016/S1474-7065(03)00027-5
- Loh, M. y Coghlan, P. (2003) "Domestic Water use study", Perth. Western. Australia.
- Lott, C. Tchigriaeva, E. Rollins, K. and Stoddard, S. (2014). "Residential water demand, climate change and exogenous economic trends", Reno, U.S.A.
- Morales Martínez, D.; Gori Maia, A. (2021) "The Effect of Social Behavior on Residential Water Consumption". *Water* 2021,13, 1184. <https://doi.org/10.3390/w13091184>
- Moreno Rueda, T.; Ibañez Carranza, JT. y Cubillo Gonzalez, F. (2007) "Los usos finales del agua como base para la caracterización y predicción de la demanda en la Comunidad de Madrid". En V Congreso Nacional de la Ingeniería Civil. Retrieved from: http://www.ciccp.es/biblio_digital/V_Congreso/congreso/pdf/010317.pdf
- Morote, Álvaro-F. Hernández, M. and Rico, Antonio-M. (2016). "Causes of Domestic Water Consumption Trends in the City of Alicante: Exploring the Links between the Housing Bubble, the Types of Housing and the Socio-Economic Factors", *Water* 2016, 8, 374; doi:10.3390/w8090374 www.mdpi.com/journal/water. Alicante. España.
- Morote Seguido, Álvaro Francisco (2017): "Factores que inciden en el consumo de agua doméstico. Estudio a partir de un análisis bibliométrico", *Estudios Geográficos*, LXXVIII/282, pp. 257-281.
- Mutikanga, H. E. (2012). "Water Loss Management: Tools and Methods for Developing Countries", Doctorate Thesis, Delft University of Technology – Institute for Water Education, CRC Press/Balkema, Netherlands.
- Ordaz, R. S. (2015). "Determinación de las Curvas de Consumos Clasificados en Clientes Residenciales de un Sector de la Empresa Aguas de la Habana", Tesis de Maestría, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, La Habana.
- Ramos, Joseph. M. León, Méndez. A. J. (2016). "Gestión Integral de Pérdidas de Agua. Un caso de estudio". *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*. Vol 37, No 3. ISSN 1680-0338. La Habana. Cuba.
- Rathnayaka, K. Malano, H. Maheepala, S. George, B. Nawarathna, B. Arora, M. and Roberts, P. (2015). "Seasonal Demand Dynamics of Residential Water End-



- Uses”, ISSN 2073-4441 www.mdpi.com/journal/water, *Water* 2015, 7, 202-216; doi:10.3390/w7010202. Melbourne. Australia.
- Roberts, P. (2005) "2004 Residential end use Measurement Study", Yarra Valley Water, Corporation. Australia.
- Sarker, R.C. Gato-Trinidad, S. and Imteaz, M. (2013). "Temperature and Rainfall Thresholds corresponding to water consumption in Greater Melbourne, Australia", 20th International Congress on Modelling and Simulation, Adelaide, Australia.
- Schleich, J. and Hillenbrand, T. (2007). "Determinants of Residential Water Demand in Germany", Working Paper Sustainability and Innovation No. S 3/2007 Fraunhofer, Institute Systems and Innovation Research. Germany.
- Silva, W.T.P. Campos, M.M. Santos, A.A. (2016). "Previsão de consumo diário de água: estudo de caso de Nobres (Brasil)", doi:10.4995/ia.2016.4122 EISSN: 1886-4996 ISSN: 1134-2196. Nobres. Brasil.
- Soto-Montes, G. y Herrera-Pantoja, M. (2016). "Implications of Climate Change on Water Resource Management in Megacities in Developing Countries: Mexico City Case Study". doi:10.5296/emsd.v5i1.8807. Environmental Management and Sustainable Development ISSN 2164-7682. 2016, Vol. 5, No. 1. México.
- Tzatchkov, V. Alcocer-Yamanaka, V. H. Arreguín-Cortés, F. I. y Feliciano-García, D. (2005). "Medición y Caracterización Estocástica de la Demanda Instantánea de Agua Potable", Ingeniería Hidráulica en México, Vol. XX, núm. 1, pp. 67-76, enero-marzo de 2005. México.