



**ANÁLISIS DEL WATER EXPLOITACION INDEX (WEI)
COMO INSTRUMENTO PARA EL AJUSTE DE LA POLÍTICA DE OFERTA Y
DEMANDA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS**

130

Amador Durán-Sánchez

Universidad de Extremadura, España

Evaristo Galeana-Figueroa

Universidad de Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

Dora Aguilasocho-Montoya

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

Durán-Sánchez, A., Galeana-Figueroa, E., & Aguilasocho-Montoya, D. (2017). Análisis del Water Exploitation Index (WEI) como instrumento para el ajuste de la política de oferta y demanda de los recursos hídricos. *Tourism and Hospitality International Journal*, 9(2), 130-150.



Resumen

La mejora en la gestión de los recursos hídricos con el fin de mantener los ecosistemas acuáticos y evitar su sobreexplotación manteniendo una oferta adecuada a largo plazo de agua dulce de calidad, constituye uno de los objetivos medioambientales de la UE para el año 2020. Aunque muchos países muestran una utilización sostenible del agua, existen territorios que se enfrentan a problemas de escasez, al menos a escala estacional o local. Puesto que la calidad del agua está estrechamente unida con la cantidad de la misma, la relación entre la extracción y la renovación del stock es una cuestión de vital relevancia en la gestión sostenible de los recursos. Así, el objetivo del presente trabajo es analizar el Water Exploitation Index (WEI) como indicador capaz de evaluar la presión que la extracción de agua ejerce sobre los recursos hídricos permitiendo ajustar políticas de oferta y demanda. Un WEI por encima del 20% indica presencia de estrés hídrico y mayor del 40%, una fuerte competencia por el agua con dificultad para el mantenimiento de los ecosistemas. El estudio de los datos refleja, que mientras que el agua es generalmente abundante en Europa, la escasez sigue afectando a determinadas áreas en periodos concretos del año. Durante el invierno alrededor del 6% de la población total de Europa vive en condiciones de estrés, mientras que la cifra en verano se sitúa en el 14% llegando a alcanzar el 53% en zonas del mediterráneo. Con un 11% del consumo total, el sector de los servicios se ha convertido en una de las principales presiones sobre los recursos hídricos renovables. Zonas como las pequeñas islas mediterráneas están en condiciones de estrés severo debido a la recepción de un número de turistas 15 veces mayor que la población local. Por todo ello, podemos concluir que la extracción de agua como porcentaje del recurso total disponible refleja, de forma clara y fácil de comprender, una buena fotografía de las presiones ejercidas sobre los recursos hídricos a lo largo del tiempo.

131

Palabras Clave: Índice de Explotación del agua, Gestión Sostenible, Recursos Hídricos, Estrés Hídrico.



Abstract

Improved management water resources in order to maintain aquatic ecosystems and avoiding overexploitation maintaining an adequate long-term supply of freshwater quality, is one of the environmental objectives of the EU 2020. Although many countries show a sustainable use of water, there are areas facing scarcity problems, at least seasonal or local level. Given that water quality is closely linked to the amount of it, the relationship between water withdrawal and renewal of the stock is a matter of vital importance in sustainable management of resources. Thus, the aim of this paper is to analyze the Water Exploitation Index (WEI) as an indicator able to assess the pressure exerted by water withdrawal on water resources allowing policies to adjust supply and demand. A WEI above 20% indicates the presence of water stress and 40% or more, strong competition for water with difficulty maintaining healthy ecosystems. The data study shows that while water is generally plentiful in Europe, the shortage continues to affect certain areas at specific times of the year. In winter about 6% of the total population of Europe lives in conditions of water stress, while in summer the figure stands at 14% reaching up to 53% in Mediterranean areas. Service sector has become one of the main pressures on renewable water resources with the 11% of total consumption. Small Mediterranean islands in particular are under severe water stress conditions due to receiving 15 times more tourists than they have local inhabitants. Therefore, we can conclude that water withdrawal as a percentage of total available resource reflects, in an understandable and easy way, a good picture of the pressure exerted on water resources over time.

132

Keywords: Water Exploitation Index, Sustainable Management, Water Resources, Water Stress.



Introducción

El turismo está contribuyendo al crecimiento económico y a la creación de empleo en muchos lugares del mundo. Según el último Barómetro OMT del Turismo Mundial (OMT, 2016), en 2015 las llegadas de turistas internacionales aumentaron un 4,4% hasta alcanzar un total de 1.184 millones (Figura 1), siendo el sexto año consecutivo de crecimiento superior a la media y proveyéndose un crecimiento cercano al 3,3% anual hasta alcanzar los 1.800 millones en el 2030, según el informe de la OMT 'Tourism Towards 2030' sobre previsiones de turismo a largo plazo (OMT, 2011).

133

Todos estos movimientos de turistas, ya sean internacionales o domésticos, tienen unos impactos importantes sobre los ecosistemas de las áreas receptoras pudiendo afectar de forma negativa a la degradación del medio natural. Al creciente volumen de viajeros turísticos que demandan oferta de alojamiento hotelero y extrahotelero, debe sumarse la presión demográfica derivada del crecimiento de la población residente atraída por las nuevas oportunidades laborales que el sector turístico proporciona.

El concepto de *Desarrollo Sostenible*, definido hace 30 años por la Organización de Naciones Unidas (ONU, 1987) como la satisfacción de las necesidades actuales sin comprometer con ello la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas propias, se ha convertido en un término presente en todos los ámbitos de nuestras vidas y al cual el turismo no es ajeno. En el 41º Congreso de la International Association of Scientific Experts in Tourism. (AIEST, 1991), se establece por primera vez la relación entre sostenibilidad y turismo, definiendo al *Turismo Sostenible* como un turismo que mantiene un equilibrio entre los intereses sociales, económicos y ecológicos.

Como recurso natural el agua es un bien escaso, irregular en el tiempo y en el espacio, fácilmente vulnerable, susceptible de usos sucesivos e indispensable para la conservación de los ecosistemas y el desarrollo económico. Aunque a nivel mundial muchos países de la OCDE muestran un aprovechamiento sostenible del agua, gran parte de ellos se enfrentan a problemas de cantidad y calidad a escala local o estacional aumentando la competencia entre los diferentes sectores económicos (OECD, 2004).

Como en cualquier otro sector, el agua es un recurso natural que reviste carácter estratégico para las actividades turísticas, más aún cuando su disponibilidad no se encuentra garantizada en zonas de escasez hídrica y fuerte estacionalidad de las precipitaciones. Es fundamental para los abastecimientos de agua potable, para instalaciones recreativas y de ocio, y como factor modelador del paisaje en determinados espacios naturales. Este hecho obliga a adoptar nuevos criterios que permitan optimizar la gestión del agua con el objetivo de evitar la sobreexplotación, el agotamiento de los recursos hídricos y la degradación del medio ambiente. La OMT es uno de los más firmes defensores del aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos fomentando la implantación de sistemas que permiten reducir el consumo de agua en establecimientos turísticos al tiempo que promueve principios de turismo sostenible a través de proyectos en el terreno por todo el mundo (*COAST Collaborative Actions for Sustainable Tourism Project* o *STREAM Sustainable Tourism through Energy Efficiency with Adaptation and Mitigation Measures*)

La disponibilidad de agua determina la capacidad de crecimiento económico de un territorio y posibilitan la sostenibilidad del desarrollo turístico. Así, el objetivo del presente trabajo es analizar el índice WEI (Water Exploitation Index) como indicador de la presión que la extracción de agua por parte del conjunto de actividades económicas ejerce sobre los recursos hídricos, hecho que permite identificar las regiones con mayor



probabilidad de sufrir estrés hídrico al relacionar la cantidad de agua dulce extraída con el volumen medio a largo plazo de recurso disponible. Se trata de una forma más práctica y conveniente de analizar los efectos e implicaciones del desarrollo turístico sobre los recursos hídricos con el objetivo de mejorar la gestión integral del agua. Un resultado por encima del 20% indica presencia de estrés hídrico, mayor de 40% una fuerte competencia por el agua con dificultad para el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos.

Agua y Turismo

El agua es un recurso natural estratégico para las actividades turísticas (Rico, 2007). Los recursos hídricos, entendidos como los ecosistemas que sirven para regular el ciclo hidrológico junto con el conjunto de infraestructuras que permiten adaptar los flujos naturales a los servicios del agua (Young & Haveman, 1985), conforman un activo económico que debe ser gestionado de una manera sostenible (Rogers, De Silva & Bhatia, 2002).

En comparación con otros sectores económicos, no existen estadísticas específicas de del uso del agua en turismo por países o áreas (Gössling et al., 2012), por lo que en este apartado nos basamos en los datos proporcionados por la literatura académica existente.

La cantidad de agua consumida dentro del sector turístico varía en función de una serie de parámetros o características. Gössling et al. (2012) identificaron 3 elementos clave en el consumo de agua: la localización geográfica (clima, rural vs urbano), la estructura del hotel (en altura o estilo resort) y el estándar de confort (número de estrellas). Por su parte, Bohdanowicz & Martinac (2007) en su estudio de los hoteles europeos encontraron que los principales factores que hacen aumentar el consumo de agua son: la categoría del hotel (a mayor categoría mayor consumo), el clima (el área mediterránea tiene un mayor consumo de agua), el tamaño (m²), el número de pernотaciones y el número de comidas servidas.

Con respecto al consumo global de agua relacionado con el turismo, Gössling (2005) calculó, en base a la suposición conservadora del consumo de 222 L por turista y día y una estancia media de 8.1 días, que los 715 millones de turistas internacionales en el año 2000 utilizaron 1,3 Km³ de agua, cifra que no incluye el turismo interno o el consumo de agua indirecta necesaria por ejemplo, para producir combustible (según el Worldwatch Institute (2004) se necesitan 18 L de agua para producir un litro de gasolina, el consumo medio de combustible por cada 100 Km y pasajero es de 4,1 L).

La revisión de la literatura muestra un amplio rango en el índice de consumo de agua en alojamientos, entre 84 L y 2000 L por persona y día (Tabla 1), existiendo una tendencia al consumo de mayores cantidades de agua cuanto mayor sea la calidad del establecimiento (Bohdanowicz & Martinac, 2007) debido a que suelen ofrecer instalaciones que incluyen campos de golf, piscinas, spas o jardines con una alta demanda de agua.

A pesar de que el agua consumida por los turistas, en general, está muy por debajo del consumido por la agricultura, industria o uso urbano, en algunas regiones el turismo puede ser el principal factor en consumo de agua, añadiendo un problema extra a la estacionalidad de las escasas precipitaciones. Así, en estas zonas se producen duras pugnas entre el turismo y otros sectores económicos, incluso con el abastecimiento de la población local, por el aprovechamiento del agua (Gössling et al., 2012). Este hecho a sido corroborado por estudios como el llevado a cabo en los pueblos de la costa este de



Zanzibar, donde se averiguó que el consumo medio de agua por persona y día de la población local era de 48 L (Gössling, 2002) mientras que la media de agua utilizada por los turistas es de 685 L al día (Gössling, 2001) o el llevado a cabo por Von Medeazza (2004) en Lanzarote donde el agua utilizada por el turismo es cuatro veces superior al utilizada por los residentes. En España, cada vez más, el desarrollo turístico compite con la agricultura por el uso del agua siendo su valor añadido 60 veces mayor para el turismo que en la agricultura (Auernheimer & González, 2002)

Indicadores de Presión sobre los Recursos Hídricos

La escasez de agua dulce se describe como una función de los recursos hídricos disponibles y la población expresados en términos de agua anual per cápita a escala nacional. La lógica detrás de su desarrollo es simplemente que si sabemos cuánta agua es necesaria para satisfacer las demandas humanas, entonces el agua que está disponible para cada persona puede servir como una medida de la escasez (Rijsberman, 2006).

Los indicadores son herramientas que describen condiciones económicas, ambientales, sociales y / o institucionales de un sistema (PIB, PNB, etc) simplificando grandes cantidades de medidas a una forma simple y comprensible. En los últimos años se han desarrollado muchos índices capaces de evaluar la vulnerabilidad de los recursos hídricos (índice de escasez, índice de estrés hídrico, etc.). La OCDE señala que la elección de un indicador debe realizarse en función de tres criterios principales (Wisser, 2004):

- *Relevancia de las políticas.* Un indicador debe proporcionar un cuadro representativo de las condiciones, presiones y respuestas del sistema a la vez que muestra tendencias en el tiempo, es comparable a escala internacional y tiene un valor umbral a partir del cual se puedan analizar los valores asociados a él.
- *Solidez analítica.* Implica una base técnica y científica sólida y un consenso internacional.
- *Mensurabilidad.* Los datos de los indicadores deben ser de fácil acceso y actualizarse periódicamente de acuerdo a procedimientos fiables.

En la Tabla 2 se ofrece una visión general de los índices de escasez de agua y de evaluación de recursos hídricos.

El indicador Falkenmark

Se define, a partir de los trabajos realizados sobre el consumo de agua en varios países, como la fracción de la escorrentía anual total disponible para uso humano. Sobre la base del uso per cápita, las condiciones del agua en un área pueden clasificarse como: sin estrés (más de 1.700 m³ per cápita, estrés (entre 1.000 m³ – 1.700 m³), escasez (entre 500 m³ – 1.000 m³) y escasez absoluta (menos de 500 m³) (Falkenmark 1989).

Este índice se utiliza en evaluaciones a escala nacional donde los datos están fácilmente disponibles y proporciona resultados intuitivos y fáciles de entender. Sin embargo, su carácter anual y nacional tiende a ocultar información sobre la escasez a escalas temporales y espaciales más pequeñas. Además, no tiene en cuenta la calidad del agua ni da información sobre la capacidad de un país para utilizar los recursos. Los umbrales simples omiten variaciones importantes en la demanda entre los distintos países debido a la cultura, el estilo de vida, el clima, etc. (Rijsberman 2006).



Índice caudal de la estación seca

Este indicador fue desarrollado por el World Resources Institute (WRI) como parte del Pilot Analysis of Global Ecosystems (PAGE) (WRI, 2000) para la descripción de las condiciones del agua a nivel de cuenca hidrográfica. Define estación seca como aquellas donde menos del 2% de la escorrentía superficial está disponible en los 4 meses más secos del año. Se calcula relacionando el volumen de escorrentía durante la estación seca con la población, y basándose en Falkenmark, una cuenca está estresada si hay menos de 1.700 m³ disponibles por año y persona,

136

Índice de disponibilidad de agua (WAI)

Meigh, McKenzie, & Sene (1999), en su modelo GWAVA (Global Water Availability Assessment), analizan la variabilidad temporal de la disponibilidad de agua e incluyen los recursos de agua superficial y de aguas subterráneas comparando la cantidad total con las demandas de todos los sectores. Su valor se encuentra en el intervalo de -1 y +1, indicando el cero la igualdad entre disponibilidad y la demanda.

Necesidades Humanas Básicas

Mide la cantidad de agua necesaria para satisfacer todas las necesidades básicas humanas (Gleick, 1996): Abastecimiento (5 L por persona y día), higiene personal (15 L), servicios de saneamiento (20 L) y elaboración de alimentos (10 L). Las cantidades de agua propuestas para satisfacer las necesidades humanas básicas dan una demanda total de 50 litros por persona y día. Se recomienda a organizaciones internacionales y proveedores de agua que adopten este umbral de 50 Litros de agua por persona y día como cantidad mínima necesaria para satisfacer las necesidades básicas, independientemente del clima, la tecnología y la cultura (Gleick, 1996). Este indicador sólo se calcula a nivel de país, no describe la escasez a nivel regional. Tampoco considera la calidad del agua ni las necesidades de otros usos o los requerimientos ecológicos.

Índice de Escasez de agua

Expresa las extracciones de agua dulce como porcentaje del total de recursos hídricos renovables disponibles. Heap, Kemp-Benedict. & Raskin (1998) agregó la variable de recursos hídricos desalinizados a este indicador. La proporción del consumo de agua desalinizada es insignificante a escala mundial, pero es crucial en algunas regiones, como por ejemplo en los Emiratos Árabes Unidos, donde el agua desalada equivalen al 18% de las extracciones anuales. Un índice de escasez superior al 20% indica existencia de estrés hídrico. De nuevo, este indicador no tiene en cuenta las variaciones temporales y espaciales, así como los datos sobre la calidad del agua.

Vulnerabilidad de los sistemas acuáticos

Desarrollado en un primer momento para evaluar los impactos y amenazas potenciales del cambio climático sobre los sistemas acuáticos en EEUU, Gleick (1990) describe la vulnerabilidad de los recursos hídricos en base a cinco criterios o umbrales:



Volumen de almacenamiento relativo al total de recursos hídricos renovables, Consumo en relación al total de recursos hídricos renovables, Proporción de hidroelectricidad relativa a la electricidad total, Extracción de agua subterránea en relación con el total de agua subterránea y Variabilidad del flujo.

Índice de Vulnerabilidad de los Recursos Hídricos (SEI)

137

El Stockholm Environmental Institute (SEI) propuso el Índice de Vulnerabilidad de Recursos Hídricos (WRVI) en 1997 calculado a partir de tres subíndices, que a su vez pueden estar compuestos por otros indicadores.

Escasez relativa del agua

Propuesto por el International Water Management Institute (IWMI) describe la perspectiva futura de los recursos hídricos de un país, la velocidad con que las necesidades de agua aumentan y hasta donde pueden crecer las demandas sin agotar el recurso. Se trata de un índice hipotético ya que las proyecciones de las extracciones de agua por un período superior a 20 años son muy inciertas.

Pobreza del agua

Desarrollado por el Center for Ecology and Hydrology (CEH) de Wallingford (Sullivan, 2002), muestra la conexión entre los problemas de escasez de agua y aspectos socioeconómicos. Clasifica a los países según la provisión de agua combinando cinco componentes: Recursos, Acceso, Uso, Capacidad y Medio Ambiente. El índice es la suma de los valores de cada componente (entre 1 y 20 para que el índice esté entre 0 y 100).

Indicadores de Cuencas

Desarrollado por la United States Environmental Protection Agency (EPA, 2002), incluye 7 indicadores sobre la condición de la cuenca (calidad de las aguas) y 8 sobre su vulnerabilidad (presión de las actividades humanas).

Estrés social del agua

Basándose en el indicador de Falkenmark, Ohlsson (2000) analizó como los medios económicos y tecnológicos de una sociedad, a los que denominó capacidad de adaptación, afectan o influyen en la disponibilidad de agua dulce de una región. Ohlsson argumentó que la capacidad de una sociedad para adaptarse a escenarios difíciles es una función de la distribución de la riqueza, las oportunidades de educación y la participación política. El Índice de Desarrollo Humano (IDH) del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) es un indicador ampliamente aceptado para evaluar estas variables societales. El IDH funciona como una medida ponderada del indicador Falkenmark con el fin de dar cuenta de la capacidad de adaptación al estrés hídrico (Índice de estrés social del agua).

Disponibilidad de Recursos Hídricos e Importación de Cereales



Aproximadamente el 70% de las extracciones de agua dulce en el mundo tienen como destinatario a la agricultura (FAO, 2010), existiendo una relación entre los recursos hídricos disponibles y la capacidad de producir alimentos. Los países con poca disponibilidad de agua dulce dependen de la importación de alimentos para compensar la falta de capacidad de producción. Los alimentos dominantes importados a la mayoría de los países escasos de agua son los granos de cereales (Hong & Zehnder, 2002). Hong, Reichert, Abbaspour & Zehnder, (2003) sugieren que debido a la fuerte correlación entre el volumen de agua dulce disponible y la cantidad de alimentos importados, es posible el desarrollo de un modelo que sirva de indicador del déficit hídrico estableciendo un umbral a partir del cual es necesario la importación de alimentos.

138

Huella Hídrica

Hoekstra (2003) introdujo el concepto de huella hídrica como un indicador del uso de agua dulce incluyendo tanto el uso directo del agua como el consumo indirecto. Así, la huella hídrica de un producto se define como "el volumen de agua dulce utilizado para producir un bien medido a lo largo de toda la cadena de suministro". A partir de este concepto, Hoekstra, Ashok, Maite & Mesfin, (2009) desarrollaron un método para calcular la escasez de agua mediante la incorporación de huellas **verde** (volumen de agua lluvia que no se convierte en escorrentía, se almacena en los estratos permeables superficiales y satisface la demanda de la vegetación o se evapora), **azul** (volumen de agua dulce consumida de las aguas superficiales y subterráneas) y **gris** (cantidad de agua que es necesaria para diluir los contaminantes causados por la producción de bienes y servicios de forma que se mantengan los niveles de calidad del agua). El agua contaminada se considera agua inutilizable y no se incluye al calcular la disponibilidad de recursos hídricos.

La evaluación general de la escasez de agua se puede obtener mediante la adición de todas las huellas de agua y puede ser evaluada a nivel local, de cuenca fluvial o a nivel global, al tiempo que incorpora impactos ecológicos, socioeconómicos, políticos y humanos (Brown & Matlock, 2011).

Podemos establecer una conexión entre la huella hídrica y el turismo a través de la ideas de Gössling et al. (2012), quienes explican que si bien el uso directo de agua relacionada con el turismo no es muy relevante, las necesidades indirectas de agua, incluida la producción de alimentos, materiales de construcción y energía, sigue siendo insuficientemente comprendida, pero es probable que sea más sustancial que el uso directo del agua.

Un grado alto de concentración del turismo en zonas áridas puede superar los niveles de asimilación de los recursos hídricos por lo que se hace necesario desarrollar políticas apropiadas para la reducción del uso directo e indirecto del agua (Cazcarro, Hoekstra & Chóliz, 2014).

WEI: Concepto, variables y utilidad

El WEI (Water Exploitation Index) o Índice de Explotación del Agua, es utilizado para estudiar la sostenibilidad de los recursos hídricos y determinar el estrés y vulnerabilidad al que están sometidas las cuencas en diferentes escenarios de sequías,



inundaciones y cambio climático (Alcamo, Henrich & Rösch, 2000). Fue definido por las Naciones Unidas dentro de la Comisión Económica Europea (2006) como el ratio entre la media anual de las extracciones de agua dulce y la media del total de los recursos de agua dulce medidos a largo plazo, mostrando una imagen fiel de hasta qué punto la demanda total de agua ejerce presión sobre los recursos hídricos, dato de gran utilidad a la hora de establecer políticas hidráulicas de oferta y demanda. Es un índice entendible y fácil de determinar que muestra tendencias en el tiempo, identificando a países o regiones propensos a sufrir estrés hídrico (Faergemann, 2012). El umbral del índice WEI que distingue entre una región sin estrés o con estrés se sitúa en el 20% (Figura 3). El estrés severo de agua ocurre cuando el WEI excede de el 40% (Rasking, Gleick, Kirshen, Pontius, & Strzepek 1997b), lo que provoca una fuerte competencia por el agua y severos problemas para el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos.

Como vemos en Figura 4, alrededor de 20 cuencas hidrográficas en Europa, principalmente situadas en el Mediterráneo (Chipre, Malta, Creta, las Islas Baleares y Sicilia), se enfrentan a estrés hídrico ($WEI > 20\%$). Para el periodo 2002-2012 se estimó el WEI más alto en Chipre con un 81%, seguido por Cuenca del Segura (España) con un 55%. La situación es peor en verano, cuando la precipitación media es muy baja y la demanda de agua para la agricultura y el turismo es alta. Esto hace que la gestión de los recursos hídricos en estas cuencas sea particularmente difícil (EEA, 2015).

Hay grandes diferencias estacionales en las condiciones de estrés hídrico en toda Europa. Durante el invierno, sólo el 5% de la superficie total de Europa experimenta estrés hídrico. En verano, debido a los menores niveles de recursos hídricos renovables, acompañados de una alta demanda de agua, más del 12% del área total de Europa experimenta altos niveles de estrés.

A pesar de ser el índice empleado por la UE, es necesario que se maten ciertos aspectos que cuestionan su utilidad (Pedro-Monzonis, Solera, Ferrer, Estrela & Paredes-Arquiola, 2015). Por un lado la *estacionalidad*, dado que se basa en promedios anuales, no son identificables eventos de escasez ocurridos a una escala temporal menor. Puede haber situaciones en las que con el mismo promedio anual de recursos y demanda, la presión sobre los recursos puede ser completamente diferente debido a su irregularidad (EEA, 2013). Es pues más útil analizar los ratios mensuales y posteriormente realizar un ejercicio de agregación para describir la situación de estrés hídrico en la cuenca hidrográfica. Por otro lado, la *incertidumbre* en la evaluación y estimación de las demandas y de los recursos hídricos puede dar como resultado valores incorrectos del indicador.

Para resolver estas limitaciones presentes en el WEI, se han desarrollado varios índices modificados de explotación de agua:

1. WEI+ (CIRCABC, 2012) centrado en la evaluación del consumo neto:

$$WEI+ = \frac{(Extracciones - Retornos)}{RecursosHídricosRenovables}$$

Donde por extracciones se entiende el volumen de agua utilizada (agrario, urbano, industrial) y por retornos al volumen de agua que vuelve al medio natural después de ser usada. Existen dos maneras de abordar los recursos hídricos renovables:

a) Empleando la ecuación del balance hidrológico:

$$RHR = P + ExIn - Eta - \Delta S$$



Siendo (P) la precipitación total anual, (ExIn) las entradas externas, (Eta) la evapotranspiración real y (ΔS) la variación en el volumen de agua de los depósitos naturales

- b) Usando las salidas y el cambio en el almacenamiento de los depósitos artificiales (ΔS_{art})

$$RHR = \text{Salidas} + (\text{Extracciones} - \text{Retornos}) - \Delta S_{art}$$

140

2. El nWEI se calcula mensualmente y se normaliza para reflejar la totalidad de los recursos antes de que se produzca la abstracción:

$$nWEI = \frac{\text{Extracciones}}{\text{Salidas} + \text{Extracciones} - \text{Retornos}}$$

3. El indicador potencial de estrés ecológico para los ríos (ESIr) similar al nWEI:

$$ESIr = \frac{\text{Salidas}}{\text{Salidas} + \text{Extracciones} - \text{Retornos}}$$

Este indicador presenta el inconveniente de que el denominador tiende a cero si las salidas son escasas (EEA, 2013).

4. El índice de consumo (WEI_{+c}):

$$WEI_{+c} = \frac{(\text{Extracciones} - \text{Retornos})}{\text{Salidas} + \text{Extracciones} - \text{Retornos}}$$

Dado que nWEI, ESIr y WEI_{+c} se definen a nivel mensual, requieren alguna agregación antes de su presentación. El EEA (2013) propone una distribución de percentiles para agregar los índices durante el período considerado. Según este informe, un índice del 50% sugiere problemas estructurales de disponibilidad de agua; superiores al 90% muestran que puede haber un problema recurrente de abastecimiento de agua

Por tanto, el WEI_{+c} propuesto incorpora retornos de los usos del agua para una gestión eficaz, abordando también cuestiones de escalamiento temporal y espacial. Se sugiere que la escala espacial sea el nivel de la cuenca en respuestas de los requerimientos de la Directiva Marco del Agua (Parlamento Europeo y Consejo, 2000) y se reconoce que el nivel mensual del índice representa mejor la escasez estacional que puede no ser revelada en la escala anual (Faergemann, 2012).

Conclusiones

El no reconocimiento del valor económico del agua ha propiciado su despilfarro provocando el agotamiento de los recursos hídricos y degradación del medio ambiente en muchas áreas del planeta. Es por ello que la gestión del agua, en su condición de bien económico, se convierte en un instrumento útil para conseguir su eficaz aprovechamiento, un reparto equitativo entre sus diferentes usos y la conservación del medio natural. Además, hechos como el crecimiento demográfico, el cambio climático y



el consumo excesivo de recursos hídricos por parte de todos los sectores económicos provocan que se produzcan periodos de escasez de agua dulce por todo el mundo.

Sobre la base de la información revisada, se concluye que existen más estudios que analizan aspectos cualitativos de las aguas que cuantitativos. La metodología utilizada para medir la escasez de agua ha evolucionado en los últimos veinticinco años. El umbral inicial de escasez de agua desarrollado por M. Falkenmark en 1989 fijó la base sobre la cual construir las demandas de consumo de agua. Mas tarde, junto a P.H. Gleik, reconociendo que el consumo de agua varía entre los sectores sociales, lo modificaron incorporando los requisitos específicos de agua para las necesidades humanas básicas.

El WEI, gracias a las modificaciones en su formulación (WEI_{+C}), es una herramienta útil para mostrar la imagen del nivel de explotación de los recursos de agua dulce de un país o cuenca en una escala temporal anual o mensual, lo que permite focalizar situaciones de escasez de agua con mayor precisión.

Los trabajos que utilizan el índice la WEI no son abundantes, perteneciendo en mayoritariamente a la UE ya que la legislación Europea exige que se cuantifiquen los usos que se hacen de los recursos hídricos para asegurar su protección. Según este indicador, alrededor de 20 cuencas hidrográficas en Europa, principalmente situadas en el Mediterráneo, se enfrentan a estrés hídrico (WEI_{+C} > 20%), situación que empeora en verano, cuando la precipitación media es baja y la demanda de agua por parte del sector turístico es alta. Durante el invierno, sólo el 5% de la superficie total de Europa experimenta estrés hídrico, mientras que en verano más del 12% del área total de Europa y 100 millones de personas experimenta altos niveles de estrés.

El agua es uno de los recursos más valiosos para la mayor parte de los destinos turísticos y representa, a su vez, uno de sus mayores activos. A pesar de que el agua consumida por los turistas en general está muy por debajo del utilizados por la agricultura, industria o uso urbano (el 1% de los recursos hídricos frente al 70%, por ejemplo, en agricultura), en algunas regiones el turismo puede ser el principal factor en consumo de agua, añadiendo un problema extra a la estacionalidad y la escasez de las precipitaciones en muchos destinos turísticos. Así, en estas zonas se producen duras pugnas entre el turismo y otros sectores económicos, incluso con el abastecimiento de la población local, por el aprovechamiento del agua. Por tanto, el WEI_{+C}, se convierte en un indicador de la escasez de agua que proporciona información sobre el nivel de presión que la actividad humana, incluida la turística, ejercen sobre los ecosistemas acuáticos, siendo una herramienta eficaz para la toma de decisiones en la gestión de los recursos hídricos naturales de una determinada cuenca o región.

En este trabaja, se ha estudiado varios índices que miden la presión que el uso del agua ejerce sobre los recursos hídricos. A priori, no hay un único indicador válido para tal fin, por lo que es aconsejable analizar los resultados arrojados por varios de ellos para poder comparar entre diferentes valores, ya que con un sólo índice o indicador se pueden malinterpretar los resultados. En cualquier caso, la combinación de varios indicadores contribuye mejor al proceso de toma de decisiones en la gestión de recursos hídricos.

Referencias Bibliográficas

AIEST. (1991). 41 Congress of the International Association of Scientific Experts in Tourism. Quality Tourism - Concept of a Sustainable Tourism Development, Harmonizing Economical, Social and Ecological Interests. Mahé (Seychelles)



- Alcamo, J., Henrich, T., & Rösch, T. (2000). *World water in 2025—global modeling and scenario analysis for the World Commission on Water for the 21st Century*. Kassel: Centre for Environmental System Research, University of Kassel.
- Alexander, S., & Kennedy, C. (2002). *Green Hotels: opportunities and resources for use*, Washington, DC: Zero Waste Alliance.
- Auernheimer, C. & González, G. (2003). Repercussions of the national hydrological plan on the Spanish Mediterranean coast: water versus tourism and agriculture. In: Camarda, D. & Grassini, L. (eds). *Local resources and global trades: environments and agriculture in the Mediterranean region*. Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens, 57, 179-185
- Australian Institute of Hotel Engineering. (1993). Web: <http://www.aihe.com.au/>
- Bohdanowicz, P., & Martinac, I. (2007). Determinants and benchmarking of resource consumption in hotels e case study of Hilton International and Scandic in Europe. *Energy and Buildings*, 39, 82-95.
- Brown, A., & Matlock, M.D. (2011). A review of water scarcity indices and methodologies. *White paper*, 106, 19.
- Canadian University Consortium (CUC) and Asian Institute of Technology (AIT). (1998). *Environmental management in Thai hotel industry*. Disponible en: <http://www.ucalgary.ca/ev/designresearch/projects/2000/cuc/tp/outreach/Environmental%20Management%20in%20Thai%20Hotel%20Industry.pdf>
- Cazcarro, I., Hoekstra, A.Y., & Chóliz, J.S. (2014). The water footprint of tourism in Spain. *Tourism Management*, 40, 90-101.
- CIRCABC, 2012. Informal meeting of Water and Marine Directors of the European Union, Candidate and EFTA Countries. Copenhagen, 4-5 June 2012. Synthesis, Communication and Information Resource Centre for Administrations, Businesses and Citizens
- Davies, T., & Cahill, S. (2000). *Environmental implications of the tourism industry*, Washington DC.: Resources for the Future.
- Deng, S., & Burnett, J. (2000). A study of energy performance of hotel buildings in Hong Kong. *Energy and Buildings*, 31, 7-12.
- Despretz, H. (2001). Green flag for greener hotels, LIFE No. ENV/00038/FR, ADEME, ARCS, CRES, ICAEN, IER, SOFTECH, European Community, Valbonne. Disponible en: <http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/documents/lifefinalreport.pdf>
- Environmental Protection Agency U.S (EPA). (2002): Index of Watershed Indicators: An Overview. Disponible en: <http://www.epa.gov/iwi/iwi-overview.pdf>.
- European Commission. (2000). Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy.
- European Environment Agency (EEA). (2013). Results and lessons from implementing the Water Assets Accounts in the EEA area. From concept to production. EEA Technical report No 7/2013, European Environment Agency, disponible en: <http://eea.europa.eu>
- European Environment Agency (EEA). (2015). Use of freshwater resources. Recurso online, disponible en: <http://eea.europa.eu>
- Falkenmark, M. (1989). The massive water scarcity threatening Africa-why isn't it being addressed. *Ambio*, 18(2), 112-118.
- Faergemann, H. (2012). Water Scarcity and Droughts indicator development, May 2012, presented to the WD Meeting, 4-5 June 2012, Denmark



- Food and Agriculture Organization (FAO). AQUASTAT. (2010). Water Use. Disponible en: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index.stm
- German Federal Agency for Nature Conservation (ed.) (GFANC) (1997), *Biodiversity and tourism: Conflicts on the world's seacoasts and strategies for their solution*, Berlin: GFANC, Springer-Verlag
- Gleick, P.H. (1990). Global climatic changes: A summary of regional hydrologic impacts. *Civil Engineering Practice*, 5(1), 53-68.
- Gleick, P.H. (1996). Basic water requirements for human activities: Meeting basic needs. *Water International*, 21(2), 83-92.
- Gleick, P. (2002). *The World's Water- The Biennial Report on Freshwater Resources 2002-2003*, Washington: Island Press.
- Gössling, S. (2001). The consequences of tourism for sustainable water use on a tropical island: Zanzibar, Tanzania. *Journal of Environmental Management* 61(2), 179-191.
- Gössling, S. (2002). Causes and Consequences of Groundwater Use: Zanzibar, Tanzania. *International Journal of Water*, 2(2), 49-56.
- Gössling, S. (2005). Tourism's contribution to global environmental change: space, energy, disease and water. In C.M. Hall and J. Higham (eds.), *Tourism recreation and climate change: International perspectives*, Clevedon: Channel View Publications
- Gössling, S., Peeters, P., Hall, C. M., Ceron, J. P., Dubois, G., & Scott, D. (2012). Tourism and water use: supply, demand, and security. An International review. *Tourism Management*, 33(1), 1-15.
- Grenon, M., & Batisse, M. (1991), *Futures for the Mediterranean basin: The Blue Plan*. New York: Oxford University Press.
- Heap, C., Kemp-Benedict, E., & Raskin, P. (1998). Conventional worlds: technical description of bending the curve scenarios. *Polestar Series Report*, Massachusetts: Stockhol Environment Institute, Boston.
- Hoekstra, A.Y. (2003). Virtual Water Trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade. *Value of Water Research Report Series No. 12*, Delft, The Netherlands: UNESCO-IHE.
- Hoekstra, A.Y, Ashok, K., Maite, M., & Mesfin, M. (2009). *Water Footprint Manual: State of the art*. Enschede: The Water Footprint Network.
- Hong, Y., & Zehnder, J.B. (2002). Water Scarcity and Food Import: A Case Study for Southern Mediterranean Countries. *World Development*, 30(8), 1413-1430.
- Hong, Y., Reichert, P., Abbaspour, K.V., & Zehnder, J.B. (2003). A water resources threshold and its implications for food security. *Environmental Science & Technology*, 37, 3048-3054.
- Meade, B., & Del Mónaco. (2000). *Introducing environmental management in the hotel industry: A case study of Jamaica*, Arlington, VA: Hagler Bailly Services.
- Meigh, J.R., McKenzie, A.A., & Sene, K.J. (1999). A Grid-Based Approach to Water Scarcity Estimates for Eastern and Southern Africa. *Water Resources Management*, 13, 85-115.
- Natrass, B., & Altomare, M. (1999). *The Natural Step for Businesses: Wealth Ecology and the Evolutionary Corporation*, Gabriola Island, BC: New Society Publishers
- Ohlsson, L. (2000). Water Conflicts and Social Resource Scarcity. *Phys. Chem. Earth*, 25(3), 213-220.
- Organización Mundial del Turismo (OMT) (2011). Tourism Towards 2030. Global Overview. Disponible en:



- http://www.wise.co.th/wise/Knowledge_Bank/References/Tourism/UNWTO_Tourism_Toward_2030.pdf
- Organización Mundial del Turismo (OMT). (2016). Panorama OMT del Turismo Internacional, Edición 2016. Disponible en: <http://www.e-unwto.org/doi/pdf/10.18111/9789284418152>
- Organización de Naciones Unidas (ONU), (1987). Informe Our Common Future: Brundtland Report. 20. Disponible en: <http://worldinbalance.net/intagreements/1987-brundtland.php>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), (2004). Intensity of use of water resources: Key Environmental Indicators (KEI) & OECD Core Environmental Indicators (CEI)
- Pedro-Monzonis, M., Solera, A., Ferrer, J., Estrela, T., & Paredes-Arquiola, J. (2015). A review of water scarcity and drought indexes in water resources planning and management. *Journal of Hydrology*, 527, 482-493.
- Raskin, P., Gleick, P., Kirshen, P., Pontius, G., & Strzepek, K. (1997a). *Water Futures: Assessment of Long-range Patterns and Prospects*. Stockholm, Sweden: Stockholm Environment Institute.
- Raskin, P., Gleick, P.H., Kirshen, P., Pontius, G., & Strzepek, K. (1997b). Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world. Stockholm Environmental Institute, Document prepared for UN Commission for Sustainable Development 5th Session. (pp. 27-29). Stockholm, Sweden.
- Rico-Amorós, A. (2007). Tipologías de consumo de agua en abastecimientos urbanoturísticos de la Comunidad Valenciana. *Investigaciones Geográficas*, 42, 5-34.
- Rijsberman, R. (2006). Water scarcity: Fact or Fiction? *Agricultural Water Management*, 80, 5-22.
- Rogers, P., De Silva, R., & Bhatia, R. (2002). Water is an Economic Good: How to Use Prices to Promote Equity, Efficiency, and Sustainability. *Water Policy*, 4, 1-17.
- Scherb, K. (1975). *Die Abwasserbeseitigung auf Campingplätzen*. In *Wasser für die Erholungslandschaft*. Münchner Beiträge zur Abwasserfischerei und Flußbiologie, 26, München: Bayerische Versuchsanstalt München.
- Seckler, D., Molden, D. & Barker, R. (1998). *Water Scarcity in the Twenty-First Century. Water Brief 1*, International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka: IWMI.
- Sullivan, C. (2002). Calculating a Water Poverty Index. *World Development*, 30(7), 1195-1210.
- United Nations. Economic Commission for Europe (UNECE). (2006). *Environment indicators and indicator-based assessment reports: Eastern Europe, Caucasus and Central Asia (ECE/CEP/140)*. New York: United Nations Publication.
- Von Medeazza, G.M. (2004). Water desalination as a long-term sustainable solution to alleviate global freshwater scarcity? A north-south approach. *Desalination*, 169, 287-301.
- Wisser, D. (2004). Water management methodologies for water deficient regions in Southern Europe. On-Line. Disponible en: http://environ.chemeng.ntua.gr/wsm/Uploads/Deliverables/SecondYear/Deliverable%2021_1%20and%202.pdf
- World Resources Institute (WRI) (2000): Pilot Analysis of Global Ecosystems. Disponible en: www.wri.org/wr2000.
- World watch Institute (WWI). (2004). Rising impacts of water use. Disponible en: <http://www.worldwatch.org/topics/consumption/sow/trendsfacts/2004/03/03/>



World Wide Fund for Nature (WWF). (2004). Freshwater and tourism in the Mediterranean, Disponible en: http://www.panda.org/downloads/europe/medpotourismreportfinal_ofnc.pdf
Young, R.A., & Haveman, R.H. (1985). Economics of water resources: a survey. *Handbook of natural resource and energy economics*, 2, 465-529.



Figura 1. Cifras del Turismo Internacional 2015



Fuente: Panorama OMT del Turismo Internacional, Edición 2016

**Tabla 1.** Agua usada por turista y día en varios contextos.

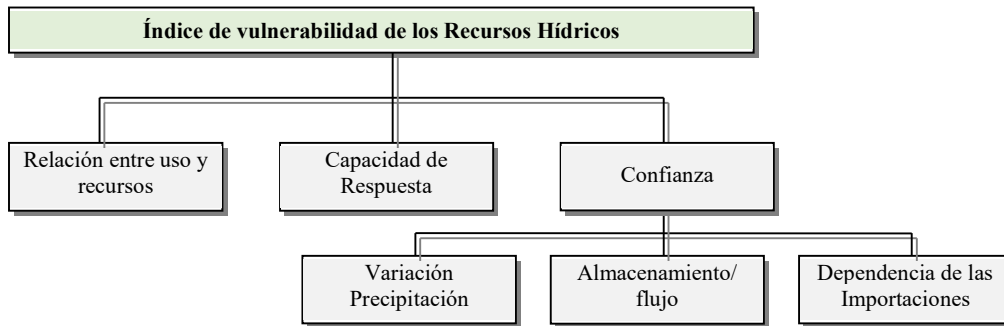
Ciudad/Región	Tipo Alojamiento	Consumo turista/día	Referencia
Mediterráneo	En general hoteles	250 L	Grenon & Batisse, 1991, citado en GFANC, 1997
Mediterráneo	Campings	145 L	Scherb, 1975, citado en GFANC, 1997
Mediterráneo	Todos	440 -880 L	WWF, 2004
Benidorm, Esaña	Campings	84 L	Rico-Amoros, 2007
Benidorm, España	1 estrella hotel	174 L	Rico-Amoros, 2007
Benidorm, España	2 estrallas hotel	194 L	Rico-Amoros, 2007
Benidorm, España	3 estrellas hotel	287 L	Rico-Amoros, 2007
Benidorm, España	4 estrellas hotel	361 L	Rico-Amoros, 2007
Zanzibar, Tanzania	Pensiones	248 L	Gössling, 2001
Zanzibar, Tanzania	Hoteles	931 L	Gössling, 2001
Zanzibar, Tanzania	Hoteles & Pensiones	685 L	Gössling, 2001
Jamaica	Incierto	527 – 1.596 (media 980)	Meade & del Monaco, 1999, citado en Bohdanowicz & Martinac, 2007,
Tailandia	Incierto	913 -3.423 L (habitación)	CUC & AIT, 1998, citado en Bohdanowicz & Martinac, 2007
Filipinas	Incierto	1.499 L (habitación)	Alexander & Kennedy, 2002, citado en Bohdanowicz & Martinac, 2007
Hong Kong	Hotels	336 – 3.198 L (habitación)	Deng & Burnett, 2000
Australia	Hotels	750 L (habitación)	Australian Institute of Hotel Engineering, 1993, citado en Bohdanowicz and Martinac, 2007
USA	Incierto	382 – 787 L (habitación)	Davies & Cahill 2000, citado en Bohdanowicz & Martinac, 2007
Alemania	Incierto	90- 900 L (media 340)	Despretz, 2001, citado en Bohdanowicz & Martinac, 2007
Alemania	Incierto	275 L	Nattrass & Altomare, 1999, citado en Bohdanowicz & Martinac, 2007
Escandinavia	Hoteles Hilton	516 L / 216 L	Bohdanowicz & Martinac, 2007

Fuente: Tourism in the green economy. Background Report (UMTO, 2012), adaptado de (Gössling et al., 2012)

Tabla 2. Principales indicadores de evaluación de los recursos hídricos.

Indicador	Referencia	Escala	Información
Índice Falkenmark	Falkenmark, 1989	País	- Total anual de recursos hídricos renovables - Población
Caudal Estación Seca	WRI, 2000	Cuenca	- Series mensuales de escorrentía superficial - Población
Disponibilidad (WAI)	Meihg et al., 1999	Región	- Series mensual de escorrentía superficial - series mensuales de recursos hídricos subterráneos - Demandas de agua sectores
Necesidades Humanas Básicas	Gleick, 1996	País	- Uso domestico de agua per capita
Escasez de agua	Heap et al., 1998	País Región	- Abstracciones anuales de agua dulce - Recursos hídricos renovables totales
Vulnerabilidad de los sistemas acuáticos	Gleick, 1990	Cuenca	- Volumen de almacenamiento - Recursos hídricos totales - Uso consuntivo - Hidroelectricidad - Extracción agua subterránea - Recursos aguas subterráneas - Series temporales de escorrentía superficial
Vulnerabilidad de los recursos hídricos	Raskin, Gleick, Kirshen, Pontius & Strzepek, 1997a	País	- Extracciones anuales - Recursos hídricos totales - PIB per cápita - Volumen de almacenamiento - Series precipitaciones - % Recursos hídricos externos
Escasez Relativa del agua	Seckler et al., 1998	País	- Extracciones en 1990 - Extracciones en 2025
Pobreza del agua	Sullivan, 2002	País Región	- Recursos hídricos internos - Recursos hídricos externos - Acceso al agua potable y al saneamiento - Tierras de regadío, tierras cultivables, superficie total - PIB per cápita - Tasa mortalidad menores - Índice educación del PNUD - Coeficiente GINI - Uso doméstico per cápita - PIB por sector - Variables calidad del agua - Datos medioambientales ESI
Indicadores de Cuenca	EPA, 2002	Cuenca	- 15 indicadores de condición y vulnerabilidad
Estrés social del agua	Ohlsson, 2000	País	- Total recursos hídricos - Índice Desarrollo Humano (IDH)
Importación Cereales	Hong, Reichert, Abbaspur & Zehnder, 2003	País	- Total recursos hídricos - Datos importación de Cereales

Fuente: Adaptado de Wisser (2004)

Figura 2. Esquema del Índice de Vulnerabilidad de los Recursos Hídricos

149

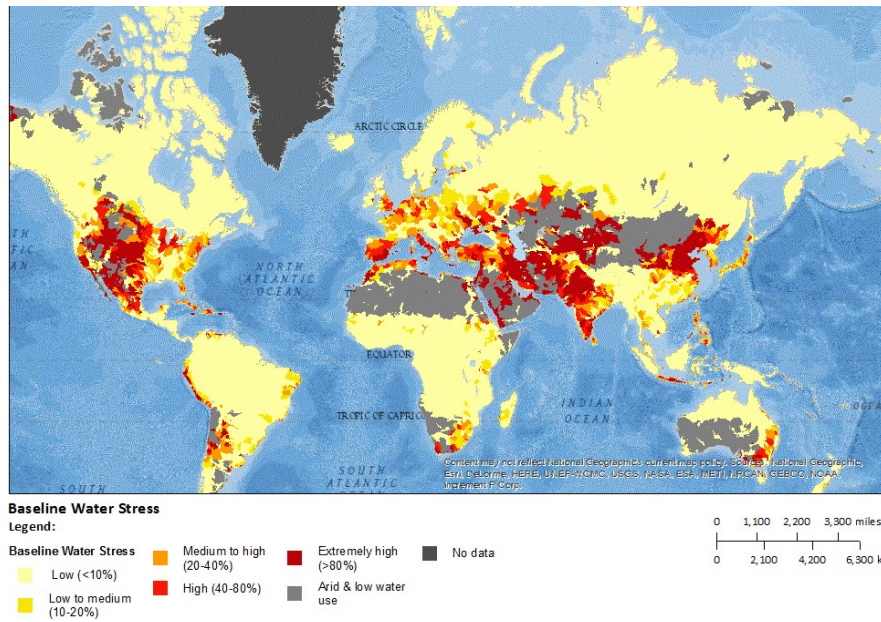
Fuente: The SEI Water Resources Vulnerability Index (Gleick, 2002)

Tabla 3. Huella Hídrica del Turismo en España.

Consumo	HH Turismo extranjero (Km3/año)	HH turismo nacional (Km3/año)	HH Total turismo en España (Km3/año)
Comida	1.411	1.156	2.567
Energía, agua, silvicultura y extractivos	0.059	0.042	0.101
Bienes de consumo	0.384	0.195	0.579
Resto de la Industria	0.017	0.018	0.035
Construcción	0.001	0.000	0.001
Comercio al por mayor de materias primas y alimentos	0.051	0.158	0.209
Otro comercio	0.083	0.033	0.116
Restaurantes, cafés, bares	1.043	1.052	2.095
Hoteles, Bed and Breakfast	0.425	0.269	0.694
Bienes Inmuebles	0.026	0.110	0.136
Transportes	0.182	0.156	0.338
Servicios de Ocio	0.027	0.032	0.059
Servicios Financieros	0.023	0.022	0.045
Servicios Públicos	0.003	0.004	0.007
Total	3.735	3.247	6.982

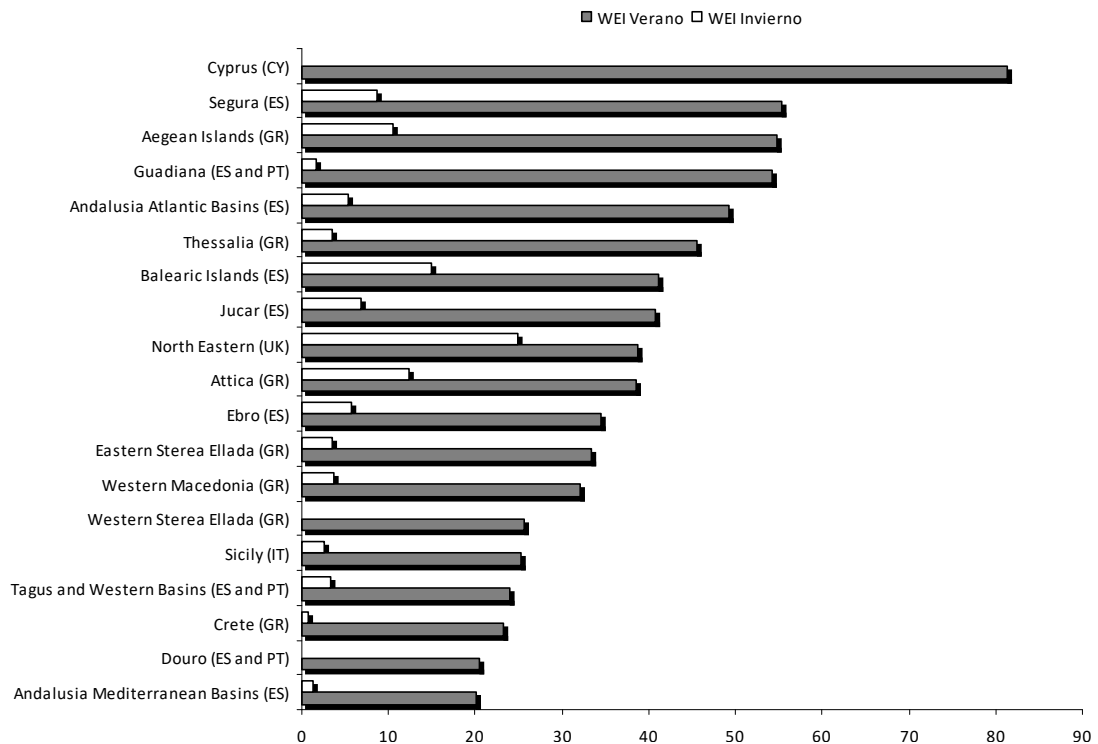
Fuente: Cazcarro, Hoekstra & Chóliz, (2014)

Figura 3. Cuencas europeas con un WEI superior al 20% en verano



Fuente: <http://www.wri.org/>

Figura 4. WEI de las principales cuencas europeas en verano e invierno



Fuente: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/use-of-freshwater-resources-2/assessment-1>