

# **RECOMENDACIONES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN SISTEMA DE INDICADORES PARA LA PREVISIÓN, EL SEGUIMIENTO Y LA GESTIÓN DE LA SEQUÍA**

---

María Fernanda Pita López  
Universidad de Sevilla

## Resumen

En el texto se proponen unos principios generales a seguir para el establecimiento de un sistema de indicadores de utilidad para el seguimiento de la sequía. Además, tales principios se acompañan de unas propuestas concretas para la formulación de los indicadores. Para ello se parte del propio concepto de sequía y del análisis de otros conceptos estrechamente asociados a él, tales como la escasez de agua o la aridez. Así mismo, se toman en consideración la realidad climática e hídrica de España y las exigencias que en este sentido establecen las principales normas y regulaciones relativas a estos temas, en particular, el Plan Hidrológico Nacional y la Directiva Marco del Agua, los cuales habrán de presidir las tareas encaminadas a la gestión del agua y, por ende, a la gestión de las sequías en los próximos años. Estas exigencias son muy determinantes en lo relativo a la necesidad de deslindar las sequías estrictamente naturales de aquellas otras que pudieran derivarse de la gestión antrópica de los recursos hídricos, y ello nos obliga en estos momentos a realizar un esfuerzo para delimitar bien ambos fenómenos a partir del sistema de indicadores utilizado. Esta exigencia ha presidido el conjunto de nuestro texto.

Los principios, en un total de 10, constituyen una especie de decálogo que se puede seguir someramente a partir de los epígrafes que componen el texto. En un esfuerzo de síntesis estos principios se traducirían en la necesidad de establecer, no un único sistema de indicadores, sino cuatro: indicadores de sequía (natural), de escasez, de peligrosidad y de fragilidad respectivamente. Por su parte, los indicadores de sequía se deberían subdividir en indicadores de sequía pluviométrica, edáfica, hídrica y sequía de la vegetación para recoger todas las modalidades que puede revestir este fenómeno. Las propuestas concretas de indicadores para expresar las distintas manifestaciones de la sequía se sintetizan en la figura 2, situada al final del texto.

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente informe pretende recoger una serie de recomendaciones para el establecimiento de un sistema de indicadores que permita realizar el seguimiento de la sequía en España. Aunque en él se realizan algunas propuestas concretas de índices, su objetivo esencial no es ese, sino más bien el de aportar unos principios generales que sirvan de base para el desarrollo de esos u otros índices, pero desde unas nociones claras acerca del propio concepto de sequía y de otros conceptos próximos a él y con los que con frecuencia se confunde. Las recomendaciones se hacen, además, partiendo de la realidad climatológica e hidrológica españolas, de forma tal que están especialmente adaptadas a nuestro escenario, aunque son lo suficientemente generales como para poder ser aplicadas también en otros contextos.

La elaboración de un documento de este tipo se justifica porque, a nuestro entender, y a pesar de la larga experiencia de sequías vividas en España, todavía persisten confusiones en su caracterización. Tales confusiones se derivan en parte de la propia complejidad del fenómeno de la sequía, uno de los riesgos más escurridizos para su aprehensión, en parte de la desconexión existente en muchas ocasiones entre climatólogos, hidrólogos, usuarios, políticos y otros tantos actores que intervienen en la gestión del agua, y en parte también de que con frecuencia se trasplantan hacia nuestro país indicadores elaborados en otros contextos climáticos y económicos, lo que produce un cierto desajuste que merma su utilidad en nuestro territorio.

La confusión más frecuente concierne a la propia utilización del término de sequía para aludir a realidades que no le corresponden exactamente; en ese sentido, los denominados “indicadores de sequía” utilizados en la mayor parte de las cuencas españolas no son tales,

sino indicadores del estado de sus recursos hídricos o, si se prefiere, del grado de escasez de agua existente en ellas. La confusión es aún mayor cuando en la elaboración de los “*indicadores de escasez*” se introducen procedimientos derivados de la noción de sequía y en esos casos no estamos ya sólo ante una cuestión de confusión terminológica, sino, además, de confusión metodológica, lo cual introduce mayores perturbaciones. Estas confusiones nunca son convenientes, pero en el marco de la aplicación de la Directiva Marco del Agua resultan absolutamente imposibles de mantener, dado el empeño que ésta pone en la delimitación precisa de las situaciones de sequías prolongadas, excepcionales y debidas “a causas naturales o de fuerza mayor”, las cuales serían las únicas susceptibles de rebajar las exigencias medioambientales que la Directiva plantea en la gestión del agua.

Es nuestro objetivo con este informe colaborar a evitar todas estas disfunciones utilizando para ello el formato del decálogo, de forma que el documento podría titularse también “*Decálogo para la elaboración de un buen sistema de indicadores de sequía para su aplicación en España*”. El primero de los puntos del decálogo se dedicará a justificar la necesidad absoluta de un buen sistema de indicadores; los puntos segundo y tercero establecerán el conjunto de indicadores necesarios; en los puntos cuarto al noveno se precisarán los caracteres de cada uno de los indicadores y sus modos de interrelación, y en el punto décimo se abordará el tema de las actualizaciones necesarias para cada uno de ellos.

## **2. DE LA ABSOLUTA NECESIDAD DEL SISTEMA DE INDICADORES.**

Muchas razones abogan en favor del establecimiento de un sistema de indicadores capaz de realizar el seguimiento de la sequía en el territorio:

- En primer lugar, la necesidad de anticiparse a la sequía y de preverla, dentro de la tendencia actual a considerarla como un riesgo más y no como una crisis pasajera a la que hubiera que hacer frente mediante mecanismos de resolución de emergencias.
- Esta necesidad se ve además favorecida por dos caracteres de la sequía que hacen especialmente favorable y posible esta anticipación: su duración prolongada y su lenta velocidad de implantación, que determinan que el déficit hídrico se vaya excavando progresivamente, permitiendo en este lapso temporal todo tipo de medidas de ajuste capaces de minimizar los impactos negativos.
- También apunta en la misma dirección la Directiva Marco del Agua cuando señala la necesidad de justificar el carácter extremo y estrictamente natural de una sequía para justificar cualquier descenso en los parámetros de calidad de las aguas o en el estado ecológico de los ríos. Tal justificación sólo puede realizarse a partir de un sistema de indicadores capaz de reflejar con claridad ambos caracteres.
- Los indicadores son también esenciales como instrumentos de ayuda en el establecimiento de las primas a pagar por los seguros frente a la sequía y en la toma de decisiones respecto al pago de las correspondientes indemnizaciones cuando existen dudas acerca de la naturaleza del fenómeno. En la actualidad es la actividad agraria la que hace uso masivo de estos seguros, pero es previsible que se extiendan hacia actividades cada vez más diversas, como sucede también con otros tipos de riesgos.

Todo ello aboga por la necesidad de un sistema de indicadores aplicable a todo el país y, en esa medida, lo más homogéneo posible, aunque respetando las peculiaridades de cada territorio. Además, debería ser lo suficientemente sofisticado como para recoger tanto los aspectos naturales del fenómeno como su dimensión humana y socio-económica. También debería ser –aunque parezca paradójico– lo suficientemente sencillo como para poder ser

aplicado con comodidad por todo el territorio. Todas estas exigencias se van a traducir en la necesidad de diseñar, no un único indicador sino varios, tantos cuantos sean necesarios para captar la diversidad de mecanismos que intervienen en la génesis de la sequía y para garantizar una adecuada gestión de la misma. En las páginas que siguen ofrecemos algunos apuntes sobre los caracteres generales que debería tener este sistema de indicadores para satisfacer las expectativas puestas en él.

### **3. DE LA NECESIDAD DE DIFERENCIAR EL SISTEMA DE INDICADORES DE SEQUÍA Y EL SISTEMA DE INDICADORES DE ESCASEZ.**

El esclarecimiento de algunos conceptos relacionados con la sequía nos permitirá esclarecer a su vez las necesidades existentes en relación con los sistemas de indicadores necesarios para su seguimiento.

La **sequía** se puede definir como un déficit hídrico inusual, una anomalía pluviométrica negativa lo suficientemente intensa y prolongada como para generar impactos adversos en la sociedad que la padece. Frente a este concepto, la **aridez** alude a condiciones permanentes y habituales de escasez de agua; es pues un rasgo caracterizador de ciertos climas, y no un fenómeno coyuntural y anómalo, como la sequía, la cual puede registrarse en cualquier tipo de clima, incluso en aquellos dotados de abundantes precipitaciones.

También conviene precisar las diferencias existentes entre la sequía y la **escasez de agua**, pudiendo definirse esta última como la existencia de unos aportes inferiores a las demandas requeridas por la sociedad. Este desequilibrio entre aportes y demandas puede venir dado por la existencia de un periodo prolongado de sequía, que reduce coyunturalmente las aportaciones, pero puede deberse también –y así sucede con mucha frecuencia- a una gestión inadecuada de los recursos hídricos, consistente en el establecimiento de unas demandas de agua superiores a las que el clima está en condiciones de ofrecer incluso en sus periodos de total normalidad, de forma tal que se generan problemas de déficit hídrico sin la intervención de ninguna anomalía pluviométrica negativa importante. Sintetizando, pues, podríamos definir la aridez como la situación permanente de escasez de lluvias, la sequía como el déficit hídrico anómalo y coyuntural, y la escasez como la situación de desabastecimiento de agua, en ausencia de situación de sequía y en un contexto no por fuerza árido.

De estas definiciones se deriva que los dos hechos definitorios esenciales de la sequía son su origen natural y su carácter extremo, siendo los impactos un corolario que la acompaña como posibilidad aunque no como rasgo esencial. Frente a ellos, la escasez presenta un origen predominantemente antrópico, un carácter no por fuerza coyuntural y, sobre todo, un protagonismo incuestionable de los impactos negativos.

Estas diferencias, que están en la base de los propios conceptos de sequía y escasez de agua, imponen de manera automática la necesidad de establecer también dos sistemas de indicadores diferentes para hacer su seguimiento respectivo: **un sistema de indicadores de sequía y otro de indicadores de escasez**. Cada uno de ellos deberá posibilitar el seguimiento de su respectivo fenómeno en tiempo real o casi real, pero, además, la relación entre ambos constituirá un excelente instrumento para evaluar la calidad del sistema de gestión de los recursos hídricos.

Lamentablemente se confunden con demasiada frecuencia ambos conceptos y es relativamente habitual utilizar la denominación de indicadores de sequía a valores que lo que realmente están expresando es la escasez de agua existente en un determinado sistema

de explotación. No estoy segura de que esta confusión esté totalmente desprovista de intencionalidad. Es evidente que el interés esencial de los organismos de cuenca o de los responsables de los sistemas de abastecimiento de agua es disponer de indicadores del balance entre recursos y demandas (de “*indicadores de escasez*”), al objeto de gestionar adecuadamente las situaciones más amenazantes. Es evidente también que, en condiciones de gestión adecuada del agua, tales situaciones sólo deberían producirse con ocasión de sequías excepcionales. De ahí a generalizar la expresión de indicadores de sequía para todas las situaciones sólo va un paso, y éste se da de manera inmediata, aunque no sea más que para evitar una expresión tan cargada de connotaciones negativas como la de “*indicadores de escasez*”. El Canal de Isabel II utiliza para remplazarla una expresión próxima al eufemismo, pero que puede ser muy afortunada y de gran utilidad, como es la expresión “sequía operativa”, ésta sí cargada de connotaciones positivas (la operatividad remite a nociones como eficacia, dinamismo, actividad...) y que, además, no miente ni traiciona la realidad de los hechos, dado que, a efectos de gestión y funcionamiento del sistema, es decir, a efectos operativos, es irrelevante que la causa de la escasez de agua sea natural o antrópica, lo importante es resolver el problema del déficit. Aunque desde la administración ésta puede ser una expresión cargada de futuro, a lo largo de este texto seguiremos utilizando el término escasez para aludir a estas situaciones deficitarias en agua y reservaremos el término de sequía para el fenómeno estrictamente natural.

#### **4. DE LA NECESIDAD DE ESTABLECER TAMBIÉN INDICADORES DE PELIGROSIDAD Y VULNERABILIDAD FRENTE A LA SEQUÍA PARA LOS DIFERENTES TERRITORIOS.**

Además de los indicadores de sequía y escasez ya desarrollados, conviene establecer también indicadores de peligrosidad y vulnerabilidad frente a la sequía para caracterizar a los diferentes territorios. Tales indicadores se derivan de la concepción de **la sequía como un riesgo natural** más, y de la conveniencia de la gestión de la sequía en términos de gestión de riesgo más que en términos de manejo de crisis, tal como se manifiesta en la mayor parte de la documentación y la bibliografía existentes actualmente tanto en el escenario nacional como en el internacional (ver <http://www.drought.unl.edu/>). Esta concepción de la sequía como riesgo requiere de algunas aclaraciones previas.

Se entiende por **riesgo natural** todo fenómeno extremo del medio físico que resulta perjudicial para el hombre y que está originado por fuerzas externas a él, siendo estas fuerzas incontrolables e imprevisibles, de manera que otorgan al desastre un carácter azaroso que lo convierte en amenaza para la sociedad (Es evidente que la sequía participa de todos estos rasgos).

De la propia definición se deriva a la vez que en la génesis del riesgo natural intervienen dos componentes diferentes aunque igualmente imprescindibles: la componente extrema y azarosa del evento físico y la componente humana y socio-económica, constituida por los impactos generados. La ausencia de cualquiera de los dos componentes imposibilita el acaecimiento del riesgo; de hecho, el umbral separador entre el mero fenómeno extremo y el riesgo lo establecen los impactos, de forma tal que en un territorio en el que la ocupación humana fuera nula el fenómeno extremo constituiría solo eso, un mero fenómeno extremo, una manifestación más o menos espectacular de la naturaleza, pero no sería un riesgo.

Esto es lo que ha motivado que en la literatura científica relativa a este tema tienda a establecerse una **distinción entre la peligrosidad y el riesgo** asociados a un territorio (Ayala Carcedo, F.J., 2002 y Olcina Cantos, J. y Ayala Carcedo, F.J., 2002). La primera aludiría al fenómeno estrictamente natural y se definiría como la probabilidad de ocurrencia

o periodo de retorno de un determinado peligro de cierta intensidad. El segundo sería el producto de la peligrosidad por las pérdidas potenciales generadas por el fenómeno, y se expresaría, en consecuencia, en unidades monetarias. A su vez, las pérdidas potenciales serían el resultado del producto entre la exposición y la vulnerabilidad, siendo la **exposición** el conjunto de personas, bienes, servicios y procesos expuestos a la acción de algún peligro y la **vulnerabilidad** el tanto por uno de la exposición que puede ser dañado por la acción de un peligro con una determinada severidad (ver figura 1). En consecuencia, la expresión del riesgo sería la siguiente:

$$R = P \cdot E \cdot V$$

Donde R es la pérdida anual esperada, que puede medirse en euros/año o víctimas/año etc., P es la probabilidad de ocurrencia en tanto por uno, E es la exposición (personas, euros...) y V es la vulnerabilidad o tanto por uno de la exposición que se perdería.

El conjunto de la exposición más la vulnerabilidad no ha recibido hasta ahora ninguna denominación, pero podría proponerse para él el término de **fragilidad**, que es el más parecido al de vulnerabilidad en el lenguaje coloquial.<sup>1</sup>

Recapitulando los conceptos abordados en este epígrafe y volviendo a las realidades territoriales, podemos afirmar que cabe imaginar la existencia de lugares dotados de una elevadísima peligrosidad por sequía pero con muy baja exposición, por ser terrenos muy poco ocupados, lo que generaría pocas pérdidas (la zona del Cabo de Gata en Almería podría ejemplificar este tipo de situaciones). También son imaginables zonas con alta peligrosidad y alta exposición, pero poca vulnerabilidad porque haya una excelente gestión de los recursos y ordenación del territorio y de las actividades económicas, de forma tal que, aunque haya déficit de lluvia prolongados y mucha ocupación del espacio el porcentaje de pérdidas sea muy reducido (cualquier sistema bien gestionado de las áreas urbanas interiores o mediterráneas de España podría situarse en este tipo). Podría haber también zonas con mucha exposición y vulnerabilidad, pero poca peligrosidad, porque haya poca frecuencia de secuencias secas intensas y prolongadas, lo cual también daría pocas pérdidas (las áreas urbanas de las cuencas del norte de España podrían constituir un ejemplo razonable), y otras tantas posibilidades que habría que analizar en cada caso para aplicar las medidas oportunas encaminadas a la reducción del riesgo, que sería el objetivo final. Ni que decir tiene que la peor de las situaciones sería aquella en la que los tres componentes fueran elevados, situación en la que se encuentra actualmente buena parte del litoral mediterráneo, con una elevada peligrosidad por sequía, una exposición creciente gracias al desarrollo de la agricultura intensiva, la urbanización y el turismo, y una vulnerabilidad también elevada dadas las exigencias hídricas que estos usos del suelo presentan.

Un buen diagnóstico en ese sentido por sistemas de explotación, cuencas y subcuencas hidrográficas sería de gran utilidad en la gestión de las sequías, y todo ello partiendo de la base de que poco podemos hacer para controlar la peligrosidad, pero tenemos todo en nuestra mano para controlar la exposición y la vulnerabilidad.

---

<sup>1</sup> El término de vulnerabilidad es uno de los muchos que en el lenguaje de los riesgos suscitan problemas en su utilización, dado que no siempre coincide su significado técnico con el que se le asigna en el lenguaje coloquial. Como acabamos de ver, en lenguaje técnico la vulnerabilidad alude al porcentaje de bienes expuestos que puede sufrir daños como consecuencia del desastre. En lenguaje coloquial, sin embargo, la vulnerabilidad podría ser asimilable a la fragilidad, a la facilidad mayor o menor de una sociedad para ser dañada por un evento. De hecho, las definiciones de frágil y vulnerable que ofrece el Diccionario de la Real Academia Española son muy similares entre sí.

De lo expuesto en los epígrafes anteriores se deriva la necesidad del establecimiento de cuatro sistemas de indicadores distintos y complementarios. En los epígrafes que siguen trataremos de precisar sus características respectivas.

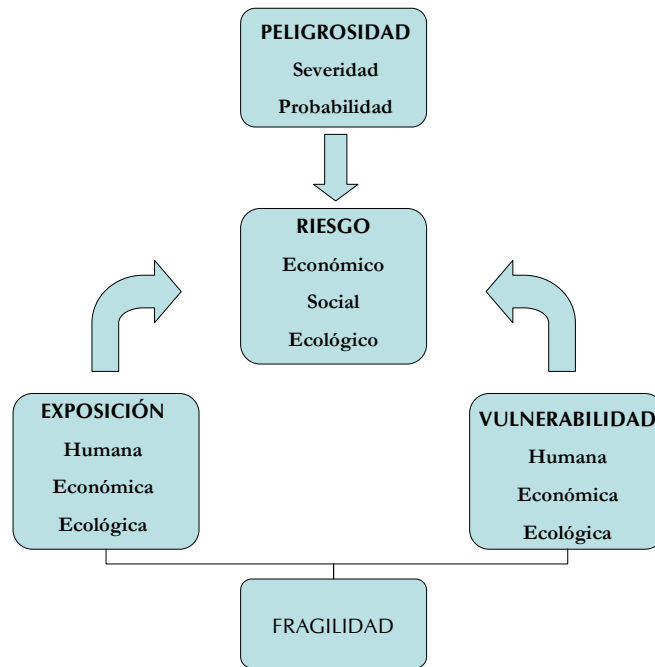


FIGURA 1: EL RIESGO COMO PRODUCTO DE LA PELIGROSIDAD, LA EXPOSICIÓN Y LA VULNERABILIDAD. FUENTE: MODIFICADO DE AYALA CARCEDO, F.J., 2002

## 5. DE LOS PRINCIPIOS GENERALES A SEGUIR EN LA ELABORACIÓN DE LOS INDICADORES DE SEQUÍA

Los principios que se enuncian a continuación se inspiran en la propia noción de sequía que hemos explicitado en el epígrafe segundo del texto, esencialmente, en sus rasgos de fenómeno excepcional y natural, que son los realmente definitorios y por ende de consideración inexcusable en el sistema.

- 1) Deben ser indicadores diseñados para medir la dimensión natural de la sequía y, en consecuencia, deben estar elaborados sobre **variables expresivas de fenómenos naturales** y no contaminadas por el efecto de la acción antrópica. La precipitación es la más utilizada, pero también resulta adecuada la lluvia útil (resultante de restarle a la precipitación la evapotranspiración), la aportación o la esorrentía, éstos últimos cuando se pretende enfatizar el aspecto hidrológico de la sequía. En ningún caso parece conveniente la introducción de variables en las que se refleje la intervención humana, tales como los volúmenes embalsados.
- 2) Deben ser indicadores expresivos de la anomalía de la situación respecto a lo normal o habitual, con lo cual deben elaborarse mediante **parámetros que reflejen anomalías**. Las diferencias o cocientes de los valores de la variable seleccionada respecto a los parámetros de tendencia central de dicha variable suelen ser los procedimientos más habituales para cubrir este requisito. Conviene destacar en este sentido que en nuestros climas es siempre **más recomendable usar como parámetro de tendencia central la mediana que la media**, dado que ésta última está muy sesgada por los valores extremos y distorsiona los resultados relativos a anomalías. Esto es especialmente aplicable a nuestros ámbitos mediterráneos, en los

que la elevada variabilidad pluviométrica determina que las medias de las series estén muy distorsionadas al alza por el efecto de los valores excepcionalmente altos. Ello da lugar a una sobrevaloración de la lluvia “normal” y, en consecuencia, una exageración de las anomalías pluviométricas negativas.

- 3) Deben ser indicadores **capaces de reflejar** los caracteres más definitorios de la sequía. Entre estos caracteres destacamos la **intensidad y la duración**, lo cual aconseja la acumulación en el tiempo de las anomalías pluviométricas, de forma que ambos caracteres se vayan reflejando simultáneamente.
- 4) Deben **adaptarse**, en la medida de lo posible y sin perder su carácter natural, a los diferentes impactos que pueden generar y, consecuentemente, **a los diferentes tipos de sequías** que suelen distinguirse. La **sequía pluviométrica** es la primera de todas ellas y la que da origen a las demás; eso le otorga un carácter anticipatorio que la convierte en esencial. La **sequía edáfica** le sucede y da origen a todos los impactos concernientes a la vegetación y a la agricultura de secano. Las variables relacionadas con el balance de agua del suelo (precipitación, evapotranspiración potencial y real, déficit de agua en el suelo...) son las más adecuadas para su análisis. Por último, la **sequía hidrológica** sería de aplicación a todos los sectores que se alimentan con aguas reguladas, y en ella se utilizarían variables naturales tales como las aportaciones o la escorrentía. Otras variables más influenciadas por las intervenciones antrópicas, tales como los caudales de los ríos, los niveles de los acuíferos o los volúmenes de agua embalsada son más útiles en la definición de la escasez, de la “sequía operativa”, que en la de la sequía propiamente dicha, que debería ser estrictamente natural.
- 5) Aunque con menor importancia que los requisitos anteriores, también los indicadores deberían utilizar unidades *standard* al objeto de que fueran comparables entre diferentes lugares y épocas, ser poco exigentes en requerimientos de información, de manera que pudieran aplicarse por todo el territorio, y ser cómodos y fáciles de manejo.
- 6) Tratando de recoger todos los posibles tipos de sequías antes mencionados, y los principios propugnados para su análisis, realizamos la **propuesta de indicadores** que se recoge en la tabla 1. Naturalmente, no constituyen un inventario exhaustivo de los indicadores existentes (ver más propuestas en Marcos Valiente, 2001 y Tate, E.L. y Gustard, A., 2000), pero todos ellos reflejan muy adecuadamente el nivel de sequía correspondiente y resultan muy sencillos de aplicación, por lo que podrían alimentar regularmente el Observatorio Nacional de la Sequía.



Tipo de indicador de sequía	Indicador propuesto	Beneficios del indicador
Pluviométrica	Índice Estandarizado de Sequía Pluviométrica (IESP) o, en su defecto, el Standardised Precipitation Index para 12 meses (SPI <sub>12</sub> ) (1)	-Indicador de fenómeno natural -Expresivo de intensidad y duración de la sequía -Asociado a probabilidad de recuperación en un tiempo dado -Susceptible de integrar umbrales de severidad de sequía
	Índice de Evapotranspiración (ETR/ETP) (2)	-Expresivo del déficit de humedad del suelo y bien correlacionado con agricultura y vegetación -Fácil de realizar con la información disponible en una primera aproximación
Sequía en la Vegetación	Índice de Evapotranspiración relativo al valor normal Índice/Índice normal del periodo (2)	-Expresivo de la anomalía registrada en la humedad del suelo respecto a los valores normales del periodo
	Normalised Diferenced Vegetation Index (NDVI) (3)	-Expresivo del stress de la vegetación, que depende estrechamente de la humedad del suelo -Realizado y disponible para todo el territorio nacional.
Hidrológica	NDVI relativo a los valores normales para la época	-Expresivo de la anomalía del índice respecto a la situación normal para la época de que se trate.
	Aplicación del IESP o, en su defecto, del SPI <sub>12</sub> a las aportaciones	-Valor similar a los indicadores respectivos de sequía pluviométrica, pero más próximos a la gestión del agua.

TABLA 1: INDICADORES DE SEQUÍA PROPUESTOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Notas.

1. Para el primero de los índices ver Pita López, M.F., 2001 a; para el segundo, ver Mc Kee et al, 1995; la comparación entre ambos se puede ver en Pita López, M.F., 2001 b
2. Ver Pita López, M.F., 1995
3. Ver Vicente Serrano, S., 2006

## 6. DE LOS PRINCIPIOS GENERALES A SEGUIR EN LA ELABORACIÓN DE LOS INDICADORES DE ESCASEZ

En este caso los principios se inspiran en la noción de escasez de agua, más ligada a la intervención humana y a la gestión de los recursos hídricos, aunque en la mayoría de las ocasiones tenga su origen en una sequía de determinada intensidad.

- Deben ser indicadores diseñados para medir la dimensión antrópica de la sequía y, más específicamente, las **dificultades existentes para satisfacer las demandas de agua**. En consecuencia, se realizarán a partir de variables antrópicas, siendo las idóneas las expresivas del **balance** existente en un momento dado **entre recursos hídricos disponibles y demandas de agua**.
- Deben utilizar **parámetros volcados hacia el futuro y no hacia el pasado**. Dado que el objetivo es gestionar adecuadamente los recursos hídricos existentes para evitar el desabastecimiento, lo importante ahora no es saber hasta qué punto la situación es más o menos anómala respecto al comportamiento de la serie temporal en el pasado; lo importante es cuantificar la magnitud del desequilibrio entre los

recursos y las demandas y su posible evolución en el futuro inmediato.

- Dado que las magnitudes expresivas del aporte de agua (precipitación, aportaciones, escorrentía) tienen en general un comportamiento aleatorio, sus **escenarios para el futuro inmediato** deberán dibujarse a partir de **probabilidades**; para los consumos deberá prestarse atención a las tendencias y los ciclos que les caracterizan; por último, la unión entre ambos dará lugar a los escenarios de balance hídrico futuro, que determinarán las medidas a tomar.
- **No es conveniente mezclar los principios aplicables a los indicadores de escasez con los que deben regir la elaboración de los de sequía**, dado que ambos reflejan fenómenos radicalmente diferentes y la mezcla sólo produciría confusión. Antes que una mezcla confusa de las nociones de sequía y escasez para la obtención de un único índice, nos parece importante elaborar dos indicadores diferentes y comparar y confrontar ambos tipos de indicadores en un mismo territorio para extraer de ello las conclusiones pertinentes sobre la gestión del agua.

En relación con estos tres últimos puntos, creemos que el indicador utilizado por el Canal de Isabel II en su Manual de Gestión de Sequías y ahora propuesto en el aún borrador de la “*Guía para la Elaboración de Planes de Emergencia por Sequía en Sistemas de Abastecimiento Urbano*” es muy realista, y limita su objetivo al seguimiento de la escasez de agua (de la sequía operativa), tomando muy adecuadamente en consideración todos los elementos necesarios para una adecuada gestión de las emergencias por este concepto. Su aplicación podría hacerse extensiva a otros sistemas de abastecimiento de parecidas características.

## 7. DE LOS BENEFICIOS DE CONFRONTAR LOS INDICADORES DE SEQUÍA Y LOS INDICADORES DE ESCASEZ

La puesta en común de los indicadores de sequía y escasez constituye un *test* muy eficaz para el seguimiento de la capacidad de la sociedad para hacer frente a la sequía y, en esa medida, constituye a su vez un **buen indicador de la marcha de la gestión del agua** en el territorio. Indicadores de sequía muy desfavorables unidos a indicadores de escasez muy favorables reflejan sociedades con una gran capacidad de enfrentarse a la sequía por la existencia en ellas de un amplio margen de seguridad en el uso del agua y, en consecuencia, de un gran colchón amortiguador. La situación inversa, con ausencia de sequía, pero importante grado de escasez, sería la más dramática y revelaría una pésima gestión del agua por parte de la sociedad.

Los puntos siguientes enumeran los aspectos fundamentales revelados por este *test*.

En una primera aproximación la confrontación de los dos sistemas de indicadores podría arrojar cuatro situaciones diferentes:

- Un indicador de sequía favorable unido a un indicador de escasez también favorable, lo cual denotaría una situación de total **normalidad** en todos los aspectos.
- Un indicador de sequía desfavorable unido a un indicador de escasez también desfavorable, que estaría reflejando una situación **difícil, pero coherente**, en la cual el déficit pluviométrico se traduce, lógicamente, en complicaciones para el abastecimiento de la demanda de agua.
- Un indicador de sequía desfavorable unido a un indicador de escasez favorable, que revelaría una situación de **gran capacidad de gestión del agua** por parte de la

sociedad, de forma tal que incluso en momentos de sequía ésta puede hacer frente a sus necesidades de agua.

- Un indicador de sequía favorable unido a un indicador de escasez desfavorable, que constituye **la peor de las situaciones** dado que los problemas para el abastecimiento de agua se producen incluso en periodos de abundantes precipitaciones.

En una aproximación más detenida la confrontación sequía/escasez permite analizar la evolución de la fragilidad o la vulnerabilidad de la sociedad frente a la primera mediante la observación de la evolución seguida por dos parámetros muy reveladores:

- El **umbral de sequía**, que se definiría a partir del momento en que la anomalía pluviométrica adquiere una severidad suficiente para empezar a generar impactos. Un sistema eficaz de gestión de los recursos hídricos y bien adaptado a la realidad climática del territorio es capaz de soportar déficit pluviométricos prolongados e intensos sin experimentar problemas; por el contrario, los sistemas de gestión ineficaces e ignorantes de la realidad climática en la que se insertan experimentan impactos negativos desde el mismo momento en que empiezan a escasear las precipitaciones. Evidentemente, una evolución favorable desde este punto de vista debería conducirnos a umbrales de sequía cada vez más demorados en el tiempo respecto al origen de la sequía. En el caso español, con peligrosidad elevada por sequías prolongadas, es imprescindible contar con umbrales de sequía que se sitúen por encima de los 18 a 24 meses de duración. En este sentido, la evolución experimentada por la mayoría de las cuencas españolas - y así está constatado al menos para la del Guadalquivir (Pita López, 1989) - fue muy favorable entre los años cuarenta -donde un déficit pluviométrico de apenas unos meses ponía en dificultades los abastecimientos de agua y energía de todas las ciudades así como los requerimientos alimenticios de la población- y los años ochenta, en los que fue posible hacer frente a sequías plurianuales sin grave quebranto hasta los momentos finales. En las últimas décadas esta evolución favorable parece irse invirtiendo, de la mano de un desarrollo urbanístico y turístico desmesurado y de un incremento notable de la agricultura de regadío. El seguimiento de esta evolución y la reversión de la tendencia, si fuera necesario, serían excelentes instrumentos para una adecuada gestión del agua.
- La **ratio intensidad de sequía/intensidad de escasez**, que sería tanto más favorable cuanto más elevado fuera su valor. Deberíamos evolucionar hacia valores cada vez más altos en esta ratio dado que ello sería indicativo de que la sequía perdería capacidad para alterar el sistema de abastecimiento de agua y para impactar a la sociedad.

## **8. DE LA CAPACIDAD RELATIVA DE LOS IMPACTOS PARA VALIDAR LA ADECUACIÓN DE LOS INDICADORES DE SEQUÍA Y DE ESCASEZ**

**Todo sistema de indicadores debería ser validado** mediante algún método que permitiera verificar su adecuación a la realidad que debe reflejar. En el caso de la sequía parece que este método debiera pasar por la realización de un contraste entre los indicadores propuestos y los impactos generados por la sequía en la sociedad. La realidad es que esto sólo sería válido para los indicadores de escasez, pero no para los de sequía.

Dado que las sociedades con muy buena gestión del agua consiguen soportar sequías severas sin sufrir graves impactos, ocurriendo lo contrario en las sociedades muy

vulnerables a la sequía, y dado que, a su vez, esta capacidad de gestión es evolutiva y cambiante en el tiempo, **los impactos no constituyen un buen referente a utilizar para validar la calidad de los indicadores de sequía.** Ello no implica que no deban contrastarse con estos indicadores, pero tal contraste debería servir más para verificar la calidad de nuestro sistema de gestión del agua (buena cuando un fuerte indicador de sequía no se acompañe de impactos serios y mala en el caso contrario) que para verificar la propia calidad del indicador de sequía. Este último encontrará su garantía de calidad en los propios principios de su formulación, que deberían ser acordes con la noción de sequía propuesta.

Frente a esta situación, **los indicadores de escasez sí podrían validarse mediante su contraste con los impactos** generados en la sociedad por la sequía, dado que estos indicadores están destinados precisamente a evaluar el riesgo de desabastecimiento y a hacerle frente, con lo cual es imprescindible que cada umbral establecido esté estrechamente relacionado con los impactos esperables en caso de que dicho umbral fuera rebasado.

## 9. DE LOS PRINCIPIOS GENERALES A SEGUIR EN LA ELABORACIÓN DE LOS INDICADORES DE PELIGROSIDAD.

La **peligrosidad** es un fenómeno estrictamente natural y está asociada a la probabilidad de aparición de secuencias secas intensas y prolongadas. Suele relacionarse con tres rasgos del clima que contribuyen a intensificarla: la aridez, la irregularidad de las precipitaciones y la persistencia de las situaciones secas.

- **La aridez** se convierte en un factor generador de peligrosidad sólo en la medida en que reduce la capacidad de la sociedad para hacer frente a la anomalía pluviométrica negativa. En un lugar de abundantes precipitaciones, en principio y en teoría, existe una mayor capacidad de soportar reducciones de las aportaciones de agua respecto a las habituales; en un lugar en el que la situación habitual es ya muy precaria, cualquier anomalía negativa tiene mayores posibilidades de generar daños. De todas maneras esto sólo es en teoría, porque los impactos reales dependen de la gestión del agua realizada por parte de la sociedad y existen casuísticas muy diversas en ese aspecto.
- La **irregularidad de las precipitaciones** sí es un factor de primer orden, porque cuanto más variables e irregulares sean las lluvias más probabilidades habrá de que se produzcan anomalías pluviométricas negativas intensas, y es indudable que es tanto más difícil gestionar el agua en una región cuanto más variables e irregulares sean sus lluvias.
- Por último y, sobre todo, la peligrosidad se incrementa cuando aumenta la **persistencia** de las situaciones secas. Un año seco aislado puede generar ciertos daños pero suelen ser asumibles por la sociedad; los problemas graves comienzan cuando los años secos se suceden unos a otros ininterrumpidamente.

El juego con estos parámetros para elaborar un indicador de peligrosidad podría ser de gran utilidad, si bien es más aconsejable por su mayor precisión la elaboración de alguno de los indicadores de sequía propuestos, en series temporales suficientemente largas, los cuales permitirían identificar las secuencias de anomalía pluviométrica negativa prolongada e intensa (secuencias secas). A partir del establecimiento de dichas secuencias el indicador de peligrosidad se podría definir a partir de la **probabilidad de ocurrencia de secuencias secas de duración superior a un determinado umbral, bien de tiempo bien de intensidad.**

En cuanto al **tiempo**, la duración de un año sería muy recomendable para el caso español, dado que sequías de menor duración no suelen generar ningún impacto en nuestro territorio. Para **la intensidad** el umbral dependería, obviamente, del indicador empleado en la caracterización de las secuencias secas. En el caso de los dos propuestos, que se elaboran por medio de puntuaciones  $\xi$  o puntuaciones *standard*, se podrían adoptar los umbrales derivados del funcionamiento de la curva normal, que nos permite asociar cada valor a su probabilidad de ocurrencia. En nuestro caso, proponemos los valores que figuran en la tabla 2, los cuales se inspiran, aunque modifican, los que propone Mac Kee (1995). La modificación sustancial corresponde al umbral de la sequía severa, el cual es establecido por Mac Kee en el valor de índice de -1,5, en tanto que nosotros lo establecemos en el valor de -1,7. La razón es que el valor de -1,7 delimita situaciones de sequía cuya probabilidad de ocurrencia es de un 5% y cuyo periodo de retorno es de 20 años, valores ambos redondos y muy utilizados en la gestión de riesgos en general. Frente a él, el valor de -1,5 en la curva normal delimita fenómenos con una probabilidad de ocurrencia de un 7% y un periodo de retorno de 14,3 años, valor que nos parece, además de poco rotundo, excesivamente frecuente como para delimitar sequías severas.

Partiendo de la utilización de estos umbrales, la frecuencia de meses con valor de  $\xi$  inferior a -1 podría ser una buena aproximación a la probabilidad de ocurrencia de sequías y, por ende, a la peligrosidad. Por su parte, el valor de -2 (fenómenos con periodo de retorno de 50 años) podría servir para delimitar las sequías excepcionales a las que alude la Directiva Marco del Agua.

Nivel de sequía	Valor del índice	Probabilidad (tanto por uno)	Probabilidad (%)	Periodo de retorno (años)
Normalidad	$I > -1$			
Sequía moderada	$I < -1$	0,16	16	6,2
Sequía severa	$I < -1,7$	0,05	5	20
Sequía extrema	$I < -2$	0,02	2	50

TABLA 2. VALORES PROPUESTOS PARA DELIMITAR LOS DISTINTOS NIVELES DE SEQUÍA EN LOS INDICADORES.

## 10. DE LOS PRINCIPIOS GENERALES A SEGUIR EN LA ELABORACIÓN DE LOS INDICADORES DE FRAGILIDAD.

La fragilidad frente a la sequía denotaría la susceptibilidad de la sociedad para ser dañada por ella y, como hemos visto en los epígrafes precedentes, es básicamente el **resultado de la exposición por la vulnerabilidad**.

La **exposición** es un concepto sencillo, como lo es su propia evaluación, que se realizaría a partir de la valoración de los usos implantados en el territorio, estando en este caso ante un fenómeno de carácter antrópico y muy dinámico, con lo cual habría que hacer un seguimiento continuo de su valor. Hay que señalar, no obstante, que hasta ahora son los impactos económicos o los alusivos a las posibles víctimas humanas los que han sido sometidos a evaluación con mayor éxito, en tanto que siguen sin contabilizarse adecuadamente los impactos de carácter ecológico, que son igualmente importantes. En España las tendencias recientes apuntan a un incremento constante de la exposición por una creciente ocupación del suelo con todo tipo de usos y actividades, y por un aumento también constante del valor atribuible a estos usos, siendo ambas afirmaciones especialmente evidentes en el entorno de las grandes ciudades y, sobre todo, en las áreas costeras mediterráneas.

Por su parte, la **vulnerabilidad**, o porcentaje de la exposición que podría ser dañada como consecuencia de la sequía, debería evaluarse en los diferentes territorios a partir del porcentaje de las pérdidas generadas por los distintos eventos de sequía. Puede afirmarse que el aumento de la exposición en nuestro territorio va acompañado en general de usos con elevada vulnerabilidad, tales como el uso residencial, el turístico o la agricultura intensiva de regadío. Conviene destacar también la extrema vulnerabilidad de muchos de los ecosistemas que se ven sometidos al riesgo de sequía en el territorio español, especialmente en el área sudeste, donde los procesos de desertificación destacan como unos de los más agresivos del continente europeo.

Hay que señalar, no obstante, que el fenómeno de la **fragilidad** en su conjunto está también en estrecha conexión con otros conceptos tales como elasticidad de la demanda de agua, flexibilidad, adaptabilidad o capacidad de cambio, que hacen algo más sutil y complicada esta evaluación para los distintos usos del territorio. A pesar de esta complejidad, en una primera aproximación, un buen indicador de fragilidad podría ser el nivel de **presión sobre los recursos hídricos**, que puede evaluarse de manera sencilla a partir de la ratio existente entre las demandas medias de agua y los recursos disponibles medios existentes en un territorio. Este índice debería adoptar siempre valores inferiores a la unidad y tantos más bajos cuanto mayor fuera la peligrosidad asociada a ese territorio. Si las demandas de agua de una sociedad están al límite de sus disponibilidades habituales, es indudable que habrá muy poca capacidad para soportar la menor anomalía negativa, y estaremos ante una dependencia estrecha y rígida de la sociedad frente a estos recursos. Hay que mantener siempre un colchón de seguridad que otorgue la flexibilidad suficiente como para soportar ese déficit sin grave quebranto, y no es esa siempre la situación que se registra en las cuencas vertientes españolas, en algunas de las cuales, como la del Segura, por ejemplo, la situación es manifiestamente insostenible (ver Libro Blanco del Agua en España).

## **11. DE LA NECESIDAD DE ACTUALIZAR PERIÓDICAMENTE LOS INDICADORES PROPUESTOS.**

Aunque los principios generales atribuibles a los sistemas de indicadores tienen voluntad de permanencia en el tiempo, sus realizaciones concretas deberían revisarse periódicamente, aunque con intervalos temporales diferentes para cada uno de ellos.

- 1) **Los indicadores de sequía deben seguirse de manera continua y a escala mensual.** Pero, además, al ser expresivos de las anomalías registradas en las variables climáticas, edáficas o hídricas en relación con su comportamiento normal, se **debería revisar periódicamente este comportamiento normal**, el cual, aunque a priori debería ser fijo y constante en un contexto de estabilidad climática, pudiera estar alterándose en los últimos años y amenazaría con cambiar aún más en el futuro inmediato. **Las tendencias recientes apuntan a un descenso marcado de las precipitaciones en el sur peninsular**, que se mantiene desde los años setenta del siglo XX y que se ha traducido en la aparición en este fin de siglo de las sequías más intensas y prolongadas registradas desde el siglo XIX. Como consecuencia de ello, los parámetros de tendencia central caracterizadores de las series climáticas e hidrológicas (media o mediana), que son los expresivos de la “normalidad”, se habrían reducido ostensiblemente a la baja. De seguir así estas tendencias habría que replantearse la definición de la normalidad en estas series. Con los valores medios considerados actualmente, que suelen incluir los años muy húmedos de la década de los sesenta, corremos el riesgo de supervalorar nuestros

recursos hídricos y de diagnosticar una situación de sequía casi permanente para el futuro, lo cual constituiría una contradicción *in terminis*, porque la sequía, por definición, es un fenómeno coyuntural y anómalo y no un fenómeno permanente.

- 2) Además, **las condiciones de normalidad deberían revisarse regularmente en virtud de las previsiones de cambio climático**, que en nuestro país apuntan en la siguiente dirección:
  - Una reducción de la precipitación estival, aunque no de la invernal, que es la que suministra lo esencial de los recursos hídricos.
  - Un aumento de la temperatura, sobre todo en verano.
  - Un aumento de la evapotranspiración, también más importante en verano, asociado a este aumento térmico.
  - Un aumento de la probabilidad de acaecimiento de fenómenos extremos tales como sequías e inundaciones, si bien el grado de fiabilidad de esta previsión es reducido.
- 3) De todo ello se deriva, sobre todo, la **necesidad de revisar las condiciones de normalidad para la sequía edáfica** (las necesidades de agua para riego se verían muy incrementadas en un escenario como el apuntado) **y para la sequía hidrológica** (los recursos hídricos disminuirían notablemente como consecuencia del aumento de la evapotranspiración). La sequía pluviométrica no sería en principio la más afectada.
- 4) **Los indicadores de escasez** – expresivos del balance existente entre los recursos y las demandas de agua - **deberían revisarse aún con mayor frecuencia y detalle para integrar** en el sistema **todos los procesos de la evolución socio-económica y tecnológica que tienen repercusión sobre la gestión del agua**, los cuales son muy numerosos. Los recursos hídricos experimentan grandes cambios como consecuencia, por ejemplo, de la construcción de nuevos embalses; las demandas de agua reflejan cualquier cambio en los usos del suelo y en la actividad económica; las situaciones de desabastecimiento y, en general, los impactos de la sequía son a su vez un fiel reflejo de la evolución seguida por la exposición y la vulnerabilidad frente a la falta de agua.
- 5) **Los indicadores de peligrosidad no tendrían por qué realizarse en tiempo real**, dado que no tienen tiempos de variación rápidos. Los indicadores de peligrosidad son en realidad estáticos en el supuesto de estabilidad de los climas, si bien es verdad que en el contexto de cambio climático que manejamos actualmente conviene revisarlos cada cierto tiempo.
- 6) **Los indicadores de vulnerabilidad y fragilidad** serían dinámicos por reflejar los ritmos de la actividad económica y de gestión del agua seguidos por la sociedad. El seguimiento de su evolución es particularmente importante porque constituyen un test de nuestro grado de habilidad para la gestión de los recursos hídricos y de las sequías, y permiten corregir las posibles disfunciones que se vayan registrando en este sentido.

Las pautas de comportamiento temporal de los indicadores aparecen reflejadas en la tabla 3.

INDICADORES	SEGUIMIENTO	REVISIÓN
Indicadores de sequía	Seguimiento continuo en tiempo real (escala mensual)	Revisión periódica, aunque no frecuente, de los valores normales sobre los cuales se construyen los indicadores.
Indicadores de escasez	Seguimiento continuo en tiempo real (escala mensual o semanal)	Revisión periódica y frecuente de los procesos ligados a la captación de recursos y la generación de demandas de agua
Indicadores de peligrosidad	Valores fijos y estáticos caracterizadores de las cuencas y sistemas de abastecimiento	Igual que los indicadores de sequía, de los que se derivan.
Indicadores de fragilidad	Seguimiento continuo (escala anual o bienal)	Revisión anual o bienal de los fenómenos implicados en la fragilidad (exposición, vulnerabilidad, presión sobre los recursos hídricos etc.)

TABLA 3. PAUTAS DE COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LOS DIFERENTES INDICADORES.

## 12. CONCLUSIONES

La conclusión esencial que se puede extraer de todo lo anterior es que no basta con la elaboración de un único indicador para caracterizar el estado de la sequía en un determinado territorio; es más, el intento de reflejar las múltiples facetas implicadas en la sequía en un único indicador sólo puede conducir a errores y confusiones o a simplificaciones excesivas. Cada porción del territorio con significación hídrica o hidrológica (cuencas, subcuencas, sistemas de explotación) debería disponer, al menos, de cuatro tipos de indicadores diferentes y con utilidades también distintas y complementarias:

- 1) **Indicadores de sequía**, que habrían de seguirse en tiempo real (a escala mensual sería suficiente) y que avisarían tempranamente de la posible aparición del riesgo, orientarían a los gestores en la organización del plan de actuación a seguir, tanto en la prevención del propio riesgo como en la gestión de la emergencia, y que valorarían el grado de extremosidad del fenómeno en términos naturales, lo cual será de fundamental importancia para el cumplimiento de los imperativos ambientales de la Directiva Marco del Agua, y para el establecimiento de las primas y pagos de las compañías aseguradoras.
- 2) **Indicadores de escasez** de agua o de “sequía operativa” (con presencia o ausencia de sequía natural), que permitirían tomar las medidas oportunas para garantizar los suministros indispensables de agua, y que serían el instrumento esencial para la prevención y gestión de los recursos hídricos, especialmente en situaciones de emergencia.
- 3) **Indicadores de peligrosidad**, que serían más o menos fijos o estables y que servirían para calificar a cada territorio en función de la probabilidad de ocurrencia de sequías en él existente. A mayor peligrosidad de un territorio, mayores precauciones habría que tomar en la gestión del agua y en la prevención de las sequías.
- 4) **Indicadores de vulnerabilidad o fragilidad**, que serían variables en el tiempo al



ritmo marcado por los propios ritmos socioeconómicos y de los patrones de gestión de los recursos hídricos. Debería seguirse atentamente su evolución en cada territorio para ir corrigiendo los aumentos de vulnerabilidad al ritmo en que se fueran produciendo y, siempre, sin rebasar determinados umbrales, que denotarían claros síntomas de insostenibilidad.

El sistema de seguimiento en su conjunto aparece reflejado en la figura 2.

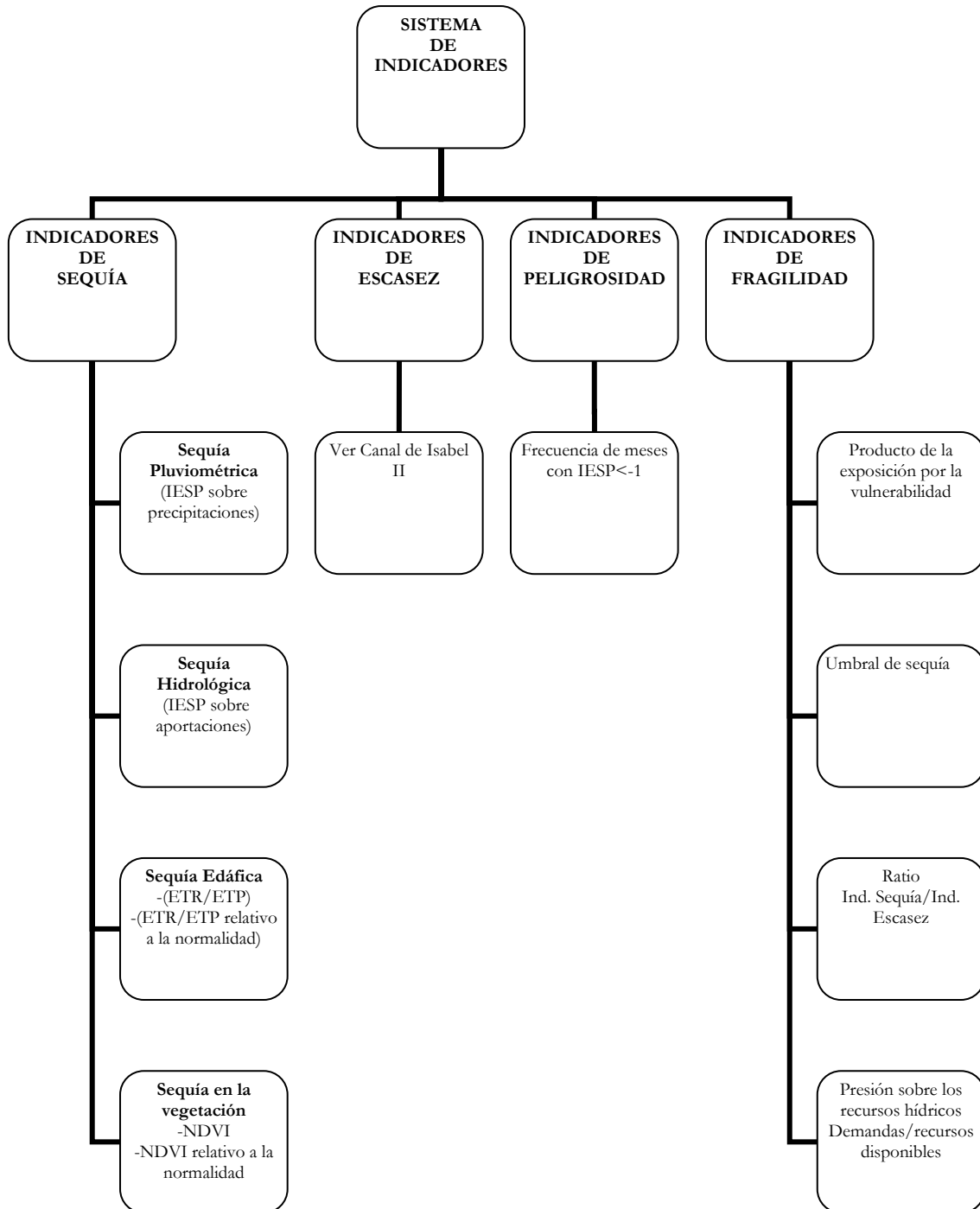


FIGURA 2. ESQUEMA DE LOS SISTEMAS DE INDICADORES DE SEGUIMIENTO DE LA SEQUÍA APLICABLES A LOS DISTINTOS TERRITORIOS CON RELEVANCIA HIDROLÓGICA.

### 13.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ayala Carcedo, F.J., 2002  
“*Introducción al análisis y gestión de riesgos*”, en Ayala Carcedo, F.J. y Olcina Cantos, J.:  
*Riesgos naturales*.  
Barcelona, Ariel Ciencia, pp. 133-146
- Ayala Carcedo, F.J. y Olcina Cantos, J., 2002  
*Riesgos naturales*.  
Barcelona, Ariel Ciencia,
- Gil Olcina, A. y Morales Gil, A., 2002,  
*Causas y consecuencias de las sequías en España*.  
Alicante, Instituto Universitario de Geografía de la Universidad de Alicante y Caja de Ahorros del Mediterráneo
- Mac Kee et al., 1995  
“*Drought Monitoring with multiple time scales*”.  
Proceedings of the 9th Conference on Applied Climatology, Dallas, TX, 233-236
- Marcos Valiente, O., 2001  
“*Sequía. Definiciones, tipologías y métodos de cuantificación*”.  
*Investigaciones Geográficas*, nº 26, pp. 59-80
- Olcina Cantos, J. Y Ayala Carcedo, F.J., 2002  
*Riesgos naturales. Conceptos fundamentales y clasificación*.  
Ayala Carcedo, F.J. y Olcina Cantos, J., *Riesgos naturales*, Barcelona, Ariel Ciencia, pp. 41-74
- Pita López, M. F., 1989  
*Riesgos hídricos en Andalucía: Sequías e inundaciones*.  
Sevilla, Dirección General de Protección Civil, Junta de Andalucía.
- Pita López, M.F., 1995  
*Las sequías: Análisis y tratamiento*.  
Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, Sevilla.
- Pita López, M.F., 2001 a  
“*Sequías en la cuenca del Guadalquivir*”, en Gil Olcina, A. y Morales Gil, A.  
“*Causas y consecuencias de las sequías en España*”  
Alicante, Instituto Universitario de Geografía de la Universidad de Alicante y Caja de Ahorros del Mediterráneo, pp. 303-343
- Pita López, M.F., 2001 b  
“*Un nouvel indice de sécheresse pour les domaines méditerranéens. Application au bassin du Gaudalquivir (sudouest de l’Espagne)*”.  
*Publications de l’Association Internationale de Climatologie*, vol. 13, Nice, pp. 23-35

Tate, E.L. y Gustard, A., 2000

“*Drought definition: a hydrological perspective*”, en Vogt, J.V. y Somma, F. (Ed)  
*Drought and Drought Mitigation in Europe*, Kluwer Academic Press, pp. 23-48

Vicente Serrano, S., 2006

*Evaluación de las consecuencias ambientales de las sequías en el sector central del valle del Ebro  
mediante imágenes de satélite. Posibles estrategias de mitigación.*  
Zaragoza, Consejo Económico y Social de Aragón.

Vogt, J.V. y Somma, F. (Ed), 2000

*Drought and Drought Mitigation in Europe*  
Kluwer Academic Press

<http://www.drought.unl.edu/>

*Web del National Drought Mitigation Center (NDMC).*  
Universidad de NebrasKa-Lincoln