

Actas del V Coloquio de Geografía Cuantitativa  
Universidad de Zaragoza  
1992, Zaragoza

## UN INDICE DE CALIDAD DE AGUAS

Urbano FRA  
*Universidad de Santiago*

El objetivo del conocimiento de la calidad de las aguas no es otro que conocer el grado de impacto generado por las actividades antrópicas en un espacio concreto, la cuenca fluvial. Y comprender la calidad de una cuenca significa conocer la calidad de un territorio mediante unidades espaciales que se corresponden con el elemento del medio estudiado, el agua.

Las vías para conocer la calidad del agua son básicamente dos: una vía indirecta, a través del estudio de la localización de los aportes contaminantes y de su volumen y composición de los vertidos; y una vía directa, mediante el análisis de la composición del agua en diversos puntos. Para tener un conocimiento completo de la calidad del agua en un punto ha de analizarse el mayor número de parámetros, pese a que el estudio de alguno resulte coincidente -aunque no redundante-.

Un estudio de calidad de un río ha de hacer un seguimiento espacial y temporal en puntos y períodos representativos, que va más allá de un estudio puntual que ha sido concebido para la experimentación de una metodología analítica. De ahí la escasa utilidad para el conocimiento ambiental y espacial de estudios de aquel tipo que nacen con un espíritu de verificación más que de análisis espacial.

Ante la dificultad de interpretar globalmente un gran volumen de datos generado por la medición de múltiples parámetros, se ha de buscar una simplificación que informe acerca de la calidad. Para ello se han elaborado unos índices con claro objetivo integrador; unos, para conocer la calidad específica del agua para un uso determinado, y otros, generalistas, que informan sobre la calidad para cualquier uso.

Inicialmente nos interesan más estos últimos, ya que no excluyen ningún contaminante, permiten conocer más globalmente la polución y, consecuentemente, un mayor número de agresores. En este estudio se propone un tipo de índice generalista con fundamentos angulares, por lo que se le ha denominado de este modo.

La aplicación de cada uno de ellos ha de ser específica, y los resultados no son comparables: los primeros integran observaciones múltiples, pero ahí radica su principal limitación ya que no es utilizable en mediciones puntuales, ya que no reúnen los requisitos para su elaboración. Este es el campo de aplicación propio del índice angular.

SANCHEZ (1970) propone un índice simple de polución que se fundamenta en la media de las razones entre la concentración existente y el estándar para cada uno de los parámetros, que se utiliza como concentración de referencia.

$$I = (CE/E) + (CE_2/E_2) + \dots / N$$

I = Índice de polución

CE = Concentración existente de cada parámetro

E = Estándar para cada parámetro

N = Número de parámetros

Las ventajas que ofrece la utilización de este índice son evidentes -tal como señala el autor- : rapidez de cálculo -aspecto dificultoso en los índices de tipo estadístico- y aplicabilidad a determinaciones aisladas. Pero, al mismo tiempo, presenta una grave debilidad metodológica: el ritmo del índice aparece marcado por el parámetro más alejado de su estándar, ya que la razón toma un valor elevado.

Partiendo de los datos correspondientes al río Lagares en el año 1981 de los parámetros: DQO (demanda química de oxígeno), Residuo seco, y concentración de iones  $\text{NH}_4^+$  (amonio),  $\text{Cl}^-$  (cloruro) y  $\text{PO}_4^{3-}$  (fosfato), se ha calculado el índice simple para cada una de las estaciones en las que se realizan análisis.

Posteriormente se ha calculado la correlación existente entre este índice y el parámetro que más se aleja de su estándar, el ion amonio, y se comprueba que la correlación entre el índice y este parámetro es muy próxima a 1. Aplicando este método obtendremos perfiles longitudinales o temporales de polución similares a los del parámetro

dominante, por lo que el perfil del río según el índice de polución y según la concentración de ion amonio es coincidente.

### CUADRO COMPARATIVO DE INDICES

Río Lagares. 1981

Estación	Indice Angular	Indice simple	Indice Ponderado	Ion Amonio
AEROPORTO	0,95	2,20	6	0,40
RANS	0,95	2,50	7	0,49
CAEIRO	0,89	1,20	3	0,17
SELLO	1,20	3,20	9	0,54
BOUCIÑA	1,42	13,3	39	2,84
BAGUNDA	1,51	18,3	54	3,81
GANDARON	1,55	18,2	54	3,42
MOLEDO	1,50	14,0	41	2,58
VELIN	1,50	19,3	57	4,00
FREIXEIRO	1,46	19,4	57	4,15
PTE. ROMANA	1,47	25,7	76	5,54
VAL MIÑOR	1,50	35,9	107	5,78
BALAIOS	1,52	36,9	110	8,06
PTE. S. ANDRES	1,54	45,2	135	9,59
CARAMUXO	1,55	56,6	169	12,20
MUIÑOS	1,52	39,6	118	8,95

Se ha intentado rectificar esta deficiencia aplicando una ponderación que corrija las razones -concentración existente/estándar-elevadas a la baja o que sobrevalore las razones bajas por medio de un coeficiente.

$$I_p = (K_1 * (CE_1 / E_1) + (K_2 * (CE_2 / E_2) + \dots)) / N$$

$I_p$  = Índice ponderado

CE = Concentración existente de cada parámetro

E = Estándar para cada parámetro

N = Número de parámetros

K = Coeficiente de ponderación para cada parámetro

Pero tiene el importante inconveniente de la subjetividad -se valoran unos parámetros más que otros-, y si no hay un criterio

universal de ponderación se está sujeto a la arbitrariedad del autor del estudio, por lo que pierde la principal propiedad de un índice de polución o calidad: la posibilidad de ser comparado con los resultados en otros puntos y períodos.

Para ver la relación entre cada uno de los índices se ha calculado el coeficiente de correlación entre ellos. Se comprueba así que entre los índices simple y ponderado y la concentración de ion amonio existe una correlación casi total, lo que nos indica la clara similitud de resultados entre los primeros y la dependencia de ambos de un parámetro con valores que exceden ampliamente el estándar.

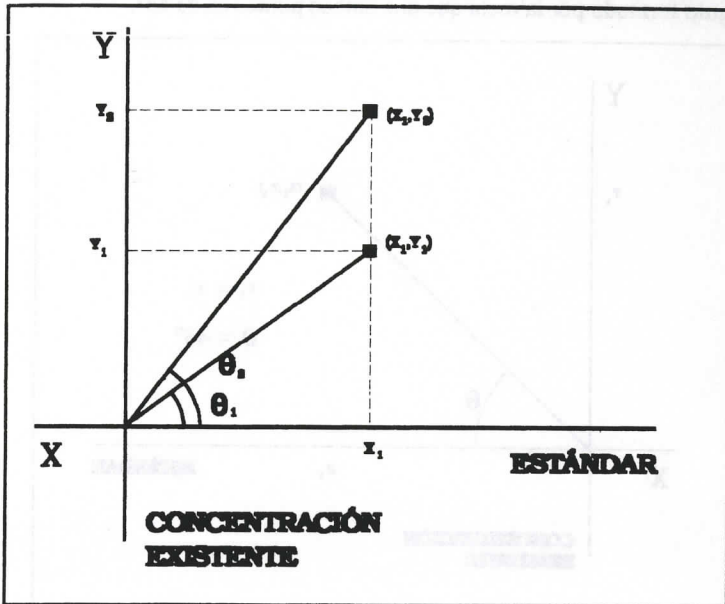
Puede verse también que la correlación entre el índice angular y los otros dos y el ion amonio es bastante alta, pero no total, lo que señala que hay una relación fuerte entre ellas -la tendencia a aumentar hacia la desembocadura- pero que los resultados son disímiles.

	INDICE SIMPLE	INDICE PONDERADO	ION AMONIO	INDICEr ANGULAR
I. SIMPLE	-	1	1	0,73
I. PONDERAD AMONIO		-	1	0,73
I. ANGULAR			-	0,71

Por último, encontramos otro importante inconveniente, los índices simple y ponderado toman un valor mínimo, 0, pero carecen de un máximo definido, mientras que el índice estadístico mencionado anteriormente está comprendido en un rango entre 0 y 1.

#### Propuesta de un índice angular

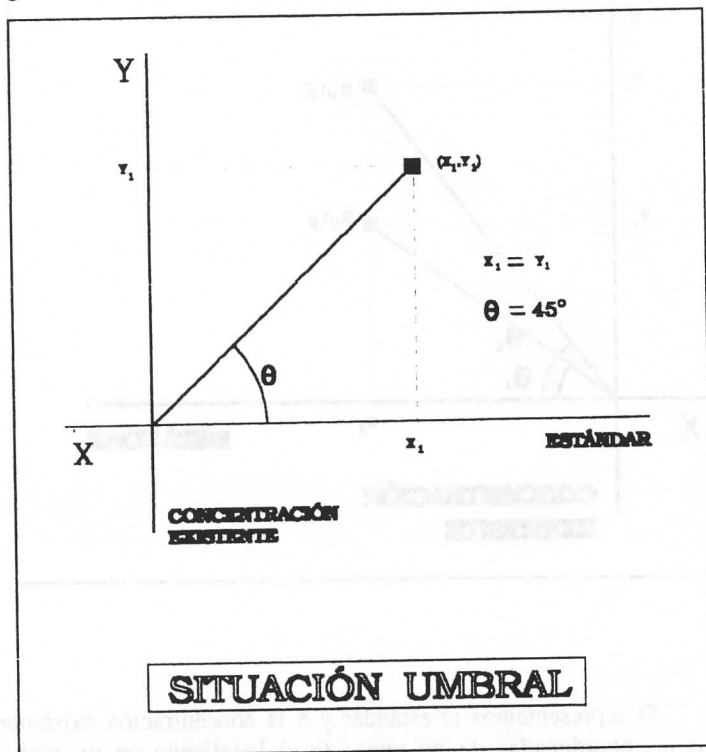
Partiendo del mismo principio en el que se basa el índice simple, se ha elaborado un índice que rectifica la aberración de aquél, corrigiendo las razones, manteniendo la jerarquía de valores con una nueva proporcionalidad.



Si representamos al estándar y a la concentración existente como las coordenadas de un punto  $(x,y)$  localizado en un plano cartesiano, en el que la primera variable se sitúa en el eje de las X y la segunda en el de las Y, y trazamos una recta entre este punto y el origen de los ejes, esta recta tiene una pendiente que varía para -un mismo parámetro y estándar- según la concentración existente en cada punto de medida. Como los valores de  $x$  e  $y$  son siempre positivos nos moveremos dentro del primer cuadrante.

Para un mismo parámetro, si la concentración es baja, "y" será un valor bajo y la pendiente de la recta será pequeña, por lo que la pendiente será más elevada cuanto mayor sea la concentración. En el caso de que la concentración existente sea igual a la estándar, entonces

estamos ante una situación umbral, es decir, un leve aumento de la concentración nos llevará a una situación de riesgo, ya que el estándar limita la concentración de riesgo. En el caso de la situación umbral el ángulo formado por la recta que une ambos puntos es de  $45^\circ$ .



La razón entre la concentración existente y la estándar,

$$y_1 / x_1$$

-razón en la que se fundamenta el índice simple- es la tangente del ángulo  $\theta$ , ángulo formado por la recta que une el origen de coordenadas y el punto  $(x_1, y_1)$  con el eje de las X. Una vez calculada esta razón se halla el ángulo por medio del cálculo del arcotangente de la razón, que

nos dará un valor comprendido entre 0° y 90°, lo que limita definitivamente el valor máximo para el nuevo índice.

Pero dando un paso más podemos expresar este ángulo en unidades umbral, calculando la razón entre el ángulo formado y el ángulo umbral (45°). De este modo estamos midiendo la concentración de un parámetro determinado con relación al estándar establecido en unidades umbral, no se opera con unidades angulares y simplificamos el rango de valores del índice a un rango comprendido entre 0 y 2. Sigue siendo un índice de polución -como el índice simple-, y no de calidad, ya que el valor mínimo señala una ausencia -teórica- de polución y el máximo una situación, también teórica, de máxima contaminación; el valor de 1 representa una situación de contaminación umbral.

De cada parámetro analizado en un mismo punto obtendremos una razón, y el índice de polución es la media de las razones de los parámetros utilizados.

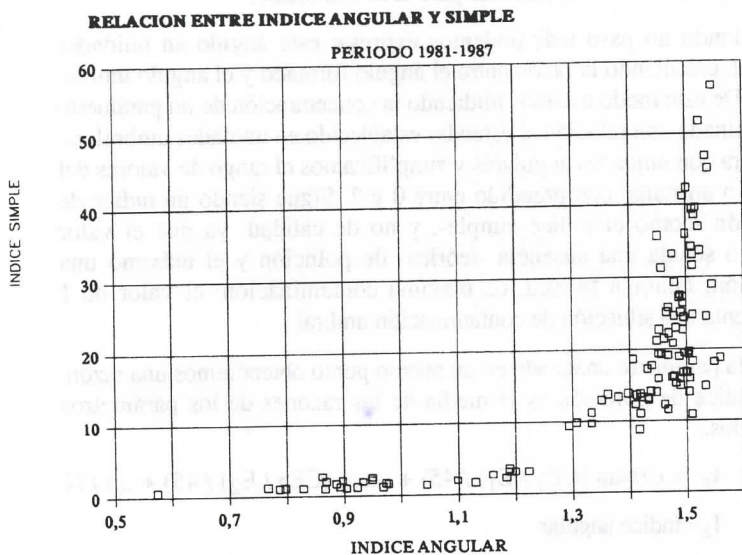
$$I_a = ( \text{atan} (CE_1 / E_1) / 45) + ( \text{atan} (CE_2 / E_2) / 45) + \dots ) / N$$

$I_a$  = Índice angular

Con la función arcotangente se evita el excesivo peso en la media de los parámetros alejados del estándar limitando el valor de su razón a un máximo de 2, manteniendo una proporcionalidad propia de esta función.

En este índice tienen igual peso todos los parámetros recayendo el peso de la ponderación en el estándar, si se considera que un parámetro tiene mayor "importancia" se ha de hacer aquél más exigente. Pero para hacer de él un índice universal también han de establecerse estándares uniformes. Ante la diversidad de estándares se han utilizado en este trabajo aquellos más exigentes.

Si representamos gráficamente los índices angulares de todas las estaciones frente a los índices simples durante el período 1981-87 encontramos cierta relación entre ambos.



Se observa que los valores bajos se diferencian entre sí con mayor precisión por medio del índice angular, lo que nos describe más adecuadamente situaciones de contaminación incipiente, mientras que los valores medios tienen una buena relación entre sí. Y hay que destacar un hecho importante: lo que se pretendía evitar, las aberraciones producidas por valores excesivos de algún parámetro, se han suavizado. Los elevados valores del índice simple se han transformado en valores medio-altos en el índice angular.