



FACULTAD  
DE CIENCIAS  
ECONÓMICAS



Universidad  
Nacional  
de Córdoba

# REPOSITORIO DIGITAL UNIVERSITARIO (RDU-UNC)

## Reference ideal method: aplicación a decisiones vinculadas con el cuidado de la salud y consumo de agua mineral

Miguel Angel Curchod, Catalina Lucía Alberto

Ponencia presentada en la XIX Latin-Iberoamerican Conference on Operation Research (CLAIO) realizado en 2018 en la Peruvian Society of Operations Research (SOPIOS).  
Lima, Peru



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

# Reference Ideal Method: aplicación a decisiones vinculadas con el cuidado de la salud y consumo de agua mineral

Miguel Angel Curchod  
Facultad de Ciencias Económicas-Universidad Nacional de Córdoba  
*curchod@eco.unc.edu.ar*

Catalina Lucia Alberto  
Facultad de Ciencias Económicas - Universidad Nacional de Córdoba  
*catalina.alberto@gmail.com*

## Resumen

El objetivo del presente trabajo es proveer una orientación nutricional para el consumo de agua mineral de mesa. Se propone elaborar un *ranking* de las marcas más comunes de este producto que habitualmente se encuentran en el mercado local teniendo en cuenta la contribución nutricional que ellas aportan en la dieta de una persona sana en estado basal.

Para formalizar el ordenamiento y evaluar los productos se consideró la información que ellos brindan en sus etiquetas.

Para el desarrollo de la aplicación se utilizó el método multicriterio de apoyo a las decisiones *Reference Ideal Method (RIM)*.

*Palabras clave:* RIM (*Reference Ideal Method*); Agua Mineral de Mesa; Contribución Nutricional; *Ranking*.

## Abstract

The purpose of this presentation is to provide a nutritional guidance to the consumption of mineral water. It is sought to establish an order of some of the different brands that we can find in the market pursuant the different criteria which support their nutritional characteristics. To define the evaluation criteria we used the information that these products offer in their labels. To carry out the application, we used the multicriteria decision analysis and, specifically, the Reference Ideal Method.

*Keywords:* RIM (Reference Ideal Method) –Mineral Water – Nutritional Contribution – Ranking.

## 1. Introducción

Este trabajo se realiza en la ciudad de Córdoba (República Argentina) y pretende analizar la información que generalmente está a disposición del consumidor de agua mineral de mesa para ayudar a tomar decisiones pertinentes y convenientes a la hora de elegir una marca determinada de este producto.

El agua mineral es un nutriente, no energético, fundamental para el buen funcionamiento del cuerpo humano. Los datos que publican las empresas sobre sus productos, generalmente, no son de fácil interpretación por parte de un consumidor no experto en nutrición, por esta razón, se intentará guiar a los compradores de agua mineral de mesa para realizar la mejor elección desde el punto de vista nutricional.

Diversos autores aplicaron métodos de decisión multicriterio a problemas nutricionales (Rehman & Romero; Tordera Benlloch). En este trabajo el método seleccionado para alcanzar los objetivos ha sido "*Reference Ideal Method, (RIM)*".

RIM tiene particularidades específicas que permiten, en comparación con otros métodos de decisión multicriterio, formalizar un modelo de evaluación más apropiado para el problema a resolver.

El estudio ha sido estructurado de la siguiente forma: en primer lugar se plantea el problema, en segundo lugar se explicita el marco teórico explicando detalladamente el método elegido para resolverlo y en una etapa de final de síntesis se analizan los resultados y se infieren las conclusiones.

## 2. Descripción del problema

En primera instancia, pareciera que, salvo raras excepciones, la elección de un agua mineral de mesa por parte de los consumidores, no responde a criterios claramente definidos.

Asimismo, la variación entre los precios de las distintas marcas no es significativa, (valor medio = \$ 24.85 por botella de litro y medio y desviación estándar = \$ 2.91)<sup>1</sup> por lo tanto, esta variable no es un criterio lo suficientemente fuerte para la selección del producto.

En general, suele ocurrir que el consumidor vaya al supermercado y elija una marca determinada de acuerdo a un preconcepción o que, entre las posibilidades existentes en el momento de la compra, seleccione aquella que tiene mayor publicidad.

La información que el Código Alimentario Argentino (CAA) obliga a consignar poco dice del valor intrínseco del producto y la información nutricional que las empresas explicitan voluntariamente no siempre es de fácil interpretación para el consumidor no experto en alimentación.

Por esta razón, el presente trabajo propone una instancia de reflexión y análisis sobre los componentes nutricionales del producto. La idea central es ayudar a tomar decisiones pertinentes y beneficiosas a todos aquellos consumidores que han optado por mejorar su dieta cambiando el agua potable por agua mineral de mesa.

## 3. El método propuesto

En el contexto del análisis multicriterio discreto (*MCDA Multi-criteria Decision Analysis*) el método elegido para resolver el problema ha sido *Reference Ideal Method (RIM)*. Este método fue presentado por Cables et. al en 2016.

Numerosos métodos multicriterio de apoyo a las decisiones trabajan con valores ideales de referencia, valores máximos o mínimos.

La diferencia fundamental, es que *RIM* no trabaja con un valor puntual (máximo o mínimo) sino que trabaja con un conjunto de valores ideales, específicamente con un intervalo al cual lo considera el intervalo de referencia ideal.

Los pasos que señalan los autores son: a) PASO 1: determinación del contexto de trabajo especificando: un rango de valores posibles para cada una de las variables y su correspondiente intervalo de referencia ideal, b) PASO 2: especificación de la matriz de respuestas de cada alternativa para cada criterio, c) PASO 3: normalización de la matriz del paso (2) de acuerdo a una función definida *ad-hoc*, d) PASO 4: asignación de los pesos de importancia relativa para cada criterio, e) PASO 5: cálculo de la matriz normalizada y ponderada, f) PASO 6: determinación, para cada alternativa, de los indicadores de distancia:  $I_i^+$  e  $I_i^-$ , g) PASO 7: estimación, para cada alternativa del cociente:  $(I_i^- / (I_i^- + I_i^+))$ , h) PASO 8: formalización del *ranking* de preferencias de las alternativas.

Es importante destacar que *RIM* puede trabajar tanto con variables cardinales como así también con variables lingüísticas. En este último caso, se definen las etiquetas lingüísticas para cada variable cualitativa y se las transforma en una escala numérica.

Formalmente, *RIM* parte de una matriz de respuestas de la forma:

---

<sup>1</sup>Estos Parámetros estadísticos han sido calculados según los precios exhibidos en los supermercados en el mes de abril de 2018 en moneda de curso legal.

$$F(x) = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad [1]$$

$x_{ij}$  representa el valor que toma la alternativa  $i$  en el criterio  $j$ ; para: ( $i = 1, 2, 3, \dots, m$ ) y ( $j = 1, 2, 3, \dots, n$ ).

Se construye una matriz normalizada de la forma:

$$\bar{X} = \begin{bmatrix} \bar{x}_{ij} \end{bmatrix} \quad [2]$$

Los elementos de la matriz se calculan de acuerdo a la siguiente función

$$\bar{x}_{ij} f(x_{ij}, [A, B], [C, D]) = 1 \text{ si } x_{ij} \in [C, D] \quad [3]$$

$$\bar{x}_{ij} f(x_{ij}, [A, B], [C, D]) = 1 - \frac{d_{\min}(x_{ij}, [C, D])}{[A, C]} \text{ si } x_{ij} \in [A, C] \wedge A \neq C \quad [4]$$

$$\bar{x}_{ij} f(x_{ij}, [A, B], [C, D]) = 1 - \frac{d_{\min}(x_{ij}, [C, D])}{[D, B]} \text{ si } x_{ij} \in [D, B] \wedge D \neq B \quad [5]$$

$[A, B]$  = es el intervalo de valores que puede asumir la variable

$[C, D]$  = representa el intervalo de referencia ideal

$$x_{ij} \in [A, B]$$

$$[C, D] \in [A, B]$$

$d_{\min}$  = representa la distancia mínima desde el valor de la variable  $x_{ij}$

al intervalo de referencia ideal  $[C, D]$

Como señalan los autores, esta función nos permite asignar valores a la variable en el intervalo  $[0, 1]$ . Si el valor de la variable se encuentra entre los límites del intervalo ideal de referencia, asumirá el valor de 1. Caso contrario, a medida que se aleja de este intervalo, el valor de la variable tenderá a cero.

A continuación se determina el vector de pesos, asignando a cada criterio su peso relativo:

$$W = [w_1 \quad w_2 \quad \dots \quad w_n] \quad [6]$$

El paso siguiente consiste en obtener la matriz normalizada y ponderada

$$[\bar{X}^*]_{ij} = \begin{bmatrix} \bar{x}_{ij} \end{bmatrix}_{ij} [w]_{j1} \quad [7]$$

Para calcular los indicadores de distancia  $I_i^+$  e  $I_i^-$  para cada alternativa se procede del modo siguiente:

$$I_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (\bar{x}_{ij} - w_j)^2} ; i = 1 \dots m \quad [8]$$

$$I_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (\bar{x}_{ij})^2} ; i = 1 \dots m \quad [9]$$

Finalmente se calcula el cociente:

$$R_i = \frac{I_i^-}{I_i^- + I_i^+} ; i = 1 \dots m \quad [10]$$

De acuerdo a los resultados de los cocientes calculados en [10] se determina el ordenamiento, en orden descendente, siendo la mejor alternativa aquella que se encuentra en el primer lugar.

#### 4. Aplicación

El presente estudio elabora un *ranking* de preferencia de algunas de las aguas minerales de mesa que habitualmente se encuentran en el mercado local de la ciudad de Córdoba.

La idea central del trabajo es ofrecer una orientación para tomar decisiones racionales sustentadas en la información nutricional que cada uno de los productos brinda.

Para determinar el orden de preferencia se tuvieron en cuenta los componentes químicos de cada producto desde el punto de vista nutricional.

El estudio se realizó sobre un conjunto de elección compuesto por 12 aguas minerales de mesa.

PASO 1: Determinación del contexto de trabajo (estructuración del problema)

Supuestos:

- El análisis se realiza para un consumidor sano en estado basal.
- Las dosis diarias recomendadas (DDR) generalmente varían según la edad y el sexo. En esta aplicación se han tomado aquellas correspondientes a hombres adultos.
- Se consideran las aguas minerales de mesa que generalmente se encuentran sin dificultad en los hipermercados de la ciudad de Córdoba.
- No se tiene ninguna preferencia por ninguna de las marcas.
- No se ha incluido ni excluido ninguna marca *ex profeso*.
- No existe ningún prejuicio subjetivo que lleve a favorecer o perjudicar la valuación de alguna marca en particular.

Definición de Criterios:

Las variables que se tuvieron en cuenta para realizar la evaluación son las siguientes: a) Sodio, b) Potasio, c) Calcio, d) Magnesio, e) Cloruros, f) Sulfatos, g) Bicarbonatos.

Estas variables fueron seleccionadas considerando la información que se encuentra a disposición del consumidor al momento de realizar sus compras.

**Sodio (Na):** cantidad de este mineral medida en mg/litro.

Fundamentalmente, el sodio ayuda a obtener el balance de los sistemas de fluidos dentro y fuera de las células. También favorece al buen funcionamiento de nervios y músculos.

La ingesta en exceso puede ser perjudicial para los riñones, provocar retención de líquidos y aumentar los riesgos de hipertensión.

La dosis mínima diaria recomendada es de 500 mg, asimismo; se recomienda no superar los 2.500 mg. Teniendo en cuenta que el sodio es un mineral que se encuentra en la mayoría de los

alimentos que forman parte de la dieta habitual de la población argentina, se consideró prudente fijar límites mínimos para el aporte que realiza el agua mineral.

A los efectos de esta aplicación se determinaron los siguientes límites inferiores y superiores medidos en mg por litro:

[A,B] = [2,225]; [C,D] = [2,8]; DDR = 2.500 mg (dosis diaria recomendada)

**Potasio (K):** cantidad de este mineral medida en mg/litro.

El potasio es una variable estrechamente relacionada con el sodio. La necesidad de ingerir potasio aumenta a medida que aumenta la ingesta de sodio ya que el potasio es necesario para eliminar la sal.

La función principal del potasio es mantener el balance hídrico del cuerpo y el equilibrio ácido-base. Contribuye al buen funcionamiento muscular y a la transmisión de impulsos nerviosos.

El consumo en defecto de potasio puede ocasionar: insomnio, irritabilidad, disritmias o debilidad muscular.

La dosis diaria recomendada es de 3.000mg.

A los efectos de esta aplicación se determinaron los siguientes límites inferiores y superiores medidos en mg por litro:

[A,B] = [1,10]; [C,D] = [3,5]; DDR = 3.000 mg.

**Calcio (Ca):** cantidad de este mineral medida en mg/litro.

El calcio es el mineral de mayor presencia en el organismo humano y el cuarto componente del cuerpo. Su posición se sitúa después del agua, las proteínas y las grasas.

El calcio ayuda a mantener los huesos y dientes sanos. También interviene en la coagulación y es un importante regulador nervioso y neuromuscular. Modula las contracciones musculares incluyendo la frecuencia cardíaca. Interviene en la secreción intestinal y en la liberación de hormonas.

De la misma forma que las funciones del sodio y del potasio se encuentran complementadas y afectadas una por la otra, la presencia de calcio se encuentra vinculada a la presencia de fósforo. La falta o exceso de uno cualquiera de estos minerales puede afectar la absorción del otro.

El calcio se encuentra fundamentalmente en los alimentos lácteos, frutos secos y en algunos pescados como sardinas o anchoas. Estos alimentos no son habituales en la dieta cotidiana argentina.

Por otra parte, la absorción del calcio se encuentra dificultada ante el consumo de alcohol, café y deficiencias de vitamina D.

Por lo expuesto se pensó como relevante que el agua sea un alimento que contribuya a lograr la dosis diaria recomendada.

No obstante; se debe tener en cuenta que el CAA fija un límite superior de 150 mg a partir del cual el agua comienza a considerarse agua mineral cálcica.

A los efectos de esta aplicación se determinaron los siguientes límites inferiores y superiores medidos en mg por litro.

[A,B] = [10,150]; [C,D] = [80,120]; DDR = 800 mg.

**Magnesio (Mg):** cantidad de este mineral medida en mg/litro.

Este mineral, calificado por muchos como milagroso, ayuda a la síntesis de proteínas. Es un activador de coenzimas. También es un transmisor de impulsos nerviosos. Ayuda a la relajación muscular. Interviene en el equilibrio ácido-base.

Su ingesta en defecto puede ocasionar fallos en el crecimiento, alteraciones en la conducta, puede ocasionar debilidad, contracturas musculares y espasmos.

La dosis diaria recomendada en hombres adultos es de 300 mg.

De la misma forma que en la variable Ca se debe tener en cuenta que el CAA fija un límite superior de 50 mg por litro a partir del cual el agua comienza a considerarse agua mineral magnésica.

A los efectos de esta aplicación se determinaron los siguientes límites inferiores y superiores medidos en mg por litro:

[A,B] = [1,50]; [C,D] = [30,40]; DDR = 300 mg.

**Cloruros (Cl):** cantidad de estos elementos medida en mg/litro.

Los cloruros son compuestos químicos que llevan un átomo de cloro en estado de oxidación-1.

El cloruro es uno de los elementos que se encuentra en la sal que se utiliza para cocinar y en algunos alimentos. Principalmente en el centeno, la lechuga, el tomate, el apio y las aceitunas.

El cloruro es fundamental para mantener el equilibrio de los líquidos corporales y es un componente esencial de los jugos digestivos.

Demasiado cloruro en los alimentos puede provocar el aumento de la presión arterial o alterar la función renal. Por otra parte, los niveles bajos de cloruros pueden provocar tanto sudoraciones excesivas, como así también diarreas o vómitos. Para determinar el valor del intervalo ideal también debe considerarse la ingesta de algunos medicamentos, como por ejemplo, los diuréticos.

La dosis diaria recomendada varía según la edad y el sexo, pero en término medio para un hombre adulto es de 2.300 mg/día.

Debe tenerse en cuenta que el CAA fija un límite máximo permitido de 350 mg; no obstante; las características organolépticas<sup>2</sup> del agua pueden alterarse con un contenido mucho menor de esta cota superior pasando a tener un sabor salado.

A los efectos de esta aplicación se determinaron los siguientes límites inferiores y superiores medidos en mg por litro:

[A,B] = [1,350]; [C,D] = [10,50]; DDR = 2.300 mg

**Sulfatos (SO<sub>4</sub>):** cantidad de mg de sulfatos por litro de agua mineral.

El límite superior permitido por el CAA es de 600 mg/litro. Si este valor es superado puede tener resultados adversos para la salud causando efectos laxantes e inconvenientes gastro-intestinales. Por este motivo, las aguas sulfatadas son recomendadas en caso de estreñimiento. Pero recordemos, que el estudio se realiza para el caso de personas sanas en estado basal.

Asimismo, el CAA fija el límite superior de 200 mg. por litro para considerarse agua sulfatada; desde esta cota pueden modificarse las características organolépticas del agua pasando a tener un sabor amargo.

A los efectos de esta aplicación se determinaron los siguientes límites inferiores y superiores medidos en mg por litro:

[A,B] = [5,200]; [C,D] = [10,50]; DDR = 300 mg

**Bicarbonatos (HC0<sub>3</sub>):** cantidad de mg de bicarbonatos por litro de agua mineral.

Se consideran aguas bicarbonatadas a aquellas que superan los 600 mg del ion de bicarbonato por litro.

Las aguas bicarbonatadas (sódicas y cálcicas) aumentan la producción de enzimas pancreáticas favoreciendo la digestión de las grasas. Son aguas útiles para cuando se presentan infecciones urinarias. Estimulan también, el peristaltismo acelerando el vaciado del tubo digestivo.

Las aguas bicarbonatadas alcalinizan la orina disminuyendo la formación de ácido úrico y mejorando la eliminación por parte de los riñones.

A los efectos de esta aplicación se determinaron los siguientes límites inferiores y superiores medidos en mg por litro:

[A,B] = [50,600]; [C,D] = [60,80]; DDR = 3.900 mg

PASO 2: especificación de la matriz de respuestas de cada alternativa en cada criterio. (En el Cuadro N° 1 se puede identificar la matriz de respuestas).

PASO 3: normalización de la matriz de respuestas según la función que define el método.

PASO 4: asignación de los pesos de importancia relativa para cada criterio.

La definición del vector de pesos, asignando la importancia relativa de cada variable se determinó a través del método de ordenación simple. Para ello se realizaron entrevistas personales con nutricionistas y tecnólogos en alimentos.

---

<sup>2</sup> Particularidades de los alimentos que se miden a través las sensaciones que producen a los sentidos: vista, olfato, gusto o tacto. ... (color, aroma u olor característico, textura, sabor).

Se solicitó a los profesionales de salud consultados que realizaran un *ranking* de importancia de cada variable según la incidencia que cada una ellas tiene en la dieta de una persona sana en estado basal. Este ordenamiento se realiza en forma decreciente (de mayor a menor importancia) y procediendo luego a normalizar cada una de las posiciones.

Se considera relevante destacar que en el ordenamiento de las cuatro primeras variables (Ca, K, Na y Mg) no hubo diferencias entre los cinco profesionales consultados. En las variables restantes se presentaron algunas diferencias, pero todos los expertos coincidieron que la variación en la determinación de la posición de la variable en el ordenamiento no era significativa.

Cuadro N°1: Datos<sup>3</sup>

Pesos ( $w_i$ )	0.2500	0.2143	0.1786	0.1429	0.1071	0.0714	0.0357
	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO4	HC03
	SODIO	POTASIO	CALCIO	MAGNESIO	CLORUROS	SULFATOS	BICARBONATOS
<b>DDR (mg)</b>	2.500	3.000	800	300	2.300	300	3.900
<b>A</b>	2	1	10	1	1	5	50
<b>B</b>	225	10	150	50	350	200	600
<b>C</b>	3	3	80	30	10	10	60
<b>D</b>	8	5	120	40	50	50	80
<b>ALTERNATIVAS</b>							
<b>1</b>	20	1	20	31	S/D	10	S/D
<b>2</b>	35	S/D	39	4.90	36	47	109
<b>3</b>	10	4	30	3	3	44	79
<b>4</b>	5	1	80	24	4.50	10	357
<b>5</b>	10	3.20	40	4	70	14	79
<b>6</b>	219	6.20	13.50	4.50	74	8	S/D
<b>7</b>	79.60	2.40	51.50	5.20	86.90	18.10	227.90
<b>8</b>	10	S/D	39.50	3.60	76.50	S/D	S/D
<b>9</b>	199	7	37	16	77	10	522
<b>10</b>	164	10	19	12	S/D	S/D	450
<b>11</b>	43.50	3.30	110	4	29.80	48	110
<b>12</b>	128	5.20	39.20	4.80	27.60	148	384

## 5. Resultados

Formalizada la etapa de: análisis, evaluación y cálculo, (PASO 5 y 6 se procedió a confeccionar el *ranking* .Las posiciones resultantes fueron: 1°) Villa San Remo con un coeficiente de 0.6945 - 2°) Glaciar, 0.6872 - 3°) Eco de los Andes, 0.6283 - 4°) Nestlé Pureza Vital, 0.6119 - 5°) Evian, 0.5985 - 6°) Villavicencio, 0.5555 - 7°) Agua de las Misiones, 0.5083 - 8°) Ser, 0.5053 - 9°) Bon Acqua, 0.4970 - 10°) Jumbo, 0.3770 - 11°) Sierra de los Padres, 0.3274 - 12°) Villa del Sur, 0.2972.

## 6. Conclusiones

Respecto del método de MCDA elegido para solucionar el problema:

Se considera que el método es apropiado y que permite llegar a conclusiones válidas.

*RIM* propone un proceso relativamente simple de cálculo por lo que es factible trabajar con una planilla de cálculo sin tener que contar con un *software* específico *ad hoc*.

Asimismo, esta metodología permite trabajar con un número significativo de alternativas y criterios.

Respecto de la aplicación podemos concluir que:

<sup>3</sup>NOTA N°1 -ALTERNATIVAS: 1) Agua de las Misiones, 2) Bon Acqua, 3) Eco de los Andes, 4) Evian, 5) Glaciar, 6) Jumbo, 7) Nestlé, Pureza Vital, 8) Ser, 9) Sierra de los Padres, 10) Villa del Sur, 11) Villa San Remo, 12) Villavicencio.

NOTA N°2: "S/D" Sin dato en la etiqueta del producto - Para realizar la evaluación se tomó como dato la peor evaluación de la columna.

NOTA N°3: Con este mismo conjunto de datos se trabajó para cumplimentar los diferentes pasos del método *RIM*.

La información que el CAA obliga a publicitar en las etiquetas del producto no es de fácil interpretación para el consumidor no experto en nutrición.

Los controles sanitarios de la autoridad de aplicación giran más sobre los componentes que pueden ser iniciosos para la salud humana que en aquellas características que la favorecen.

El coeficiente promedio toma un valor de: 0.5241; y la desviación estándar es igual a: 0.1328 lo cual podría hacer pensar que las características nutricionales entre la primera y la última son significativas.

### **Referencias**

1. ANMAT: Código Alimentario Argentino – Capítulo XII -Artículos: 982 al 1079 - Bebidas Hídricas, Agua y Agua Gasificadas. - Actualizado al 10/2012.[http://www.anmat.gov.ar/alimentos/normativas\\_alimentos\\_caa.asp](http://www.anmat.gov.ar/alimentos/normativas_alimentos_caa.asp)
2. E. Cables, M.T. Lamata, J.L. Verdegay, RIM - reference ideal method in multi-criteria decision making. *Information Sciences*, 337 (2016) 1-10.
3. T. Rehman & C. Romero. Multiple-criteria decision-making techniques and their role in livestock ration formulation. *Agricultural Systems*, 15(1984), 23-49.
4. F. Tordera Benlloch. La elección de la dieta como problema multicriterio: aspectos nutricionales, económicos y medioambientales. Universidad de Valencia, 2014. <http://hdl.handle.net/10251/53472>.