

Elección de la mejor dieta – Métodos Multicriterio (AHP & PROMETHEE)

Bocciolone, Camilla

2025-11-02

Tabla de contenidos

Introducción y motivación del problema	2
Planteamiento del problema	3
Criterios	3
Salud Cardiovascular	3
Riesgo de diabetes tipo 2	4
Emisiones de gases de efecto invernadero	6
Consumo hídrico (huella de agua)	7
Uso del suelo (huella territorial)	9
Adecuación nutricional	11
Costo medio de la dieta	13
Consumo de alimentos de origen animal (impacto en bienestar animal)	15
2. AHP	17
Método 1 -> variante 1 (autovector mayor autovalor)	17
Pesos nivel 2 (macro-criterios)	17
Pesos nivel 3 (subcriterios)	17
Pesos alternativas por criterio	19
Pesos globales	23
AHP usando ahp library	25
Resultado	31
Contribución	31
Conclusión general	32
AHP usando variante 3	32
Analysis resultado	34
Analysis de l'inconsistencia	34
Conclusion de ahp	34
Electre	34
Vetos moderados	35
vetos más permisivos	36
Conclusión de ELECTRE	37
Promethee	37
PROMETHE I	37
Interpretación dietas por dietas	39
Conclusión	39
Promethee II	39
Interpretación	41
Promethee media I	41
Conclusion	42
Promethee media II	42
Conclusion	43
Promethee windows	43
Conclusion	44

Conclusión general del análisis multicriterio	44
Reflexiones finales	44
Fuentes	45
Appendix electre si se quiere seguir el paso a paso	45

```
source("/Users/camillabocciolone/Documents/siviglia/teoria de la decision/TDecisionCodigo/
teoriadecision_funciones_multicriterio.R")
source("/Users/camillabocciolone/Documents/siviglia/teoria de la decision/TDecisionCodigo/
teoriadecision_funciones_multicriterio_diagram.R")
```

Loading required package: shape

```
source("/Users/camillabocciolone/Documents/siviglia/teoria de la decision/TDecisionCodigo/
teoriadecision_funciones_multicriterio_utiles.R")

# Paquetes usados en el documento
library(formattable)
library(htmltools)
library(knitr)
library(qgraph)
library(ahp)
library(htmlwidgets)
library(webshot)
library(knitr)
if (!webshot::is_phantomjs_installed()) {
  webshot::install_phantomjs()
}
```

Introducción y motivación del problema

En los últimos años, la elección de una dieta adecuada se ha convertido en una de las decisiones personales más relevantes desde el punto de vista de la **salud**, el **medio ambiente** y la **economía doméstica**. La alimentación no solo determina el bienestar físico, sino también el impacto ecológico y el gasto económico de cada individuo o familia.

Según los informes de *The Economist* y *Statista (2024)*, el número de personas que siguen una dieta **vegetariana o vegana** ha crecido más de un **60 % en Europa** durante la última década. En España, se estima que **el 13 % de la población** se identifica como *flexitariana*, *vegetariana* o *vegana*, lo que refleja una creciente conciencia sobre los efectos de la alimentación en la salud y la sostenibilidad.

A nivel global, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la FAO promueven patrones alimentarios como la **dieta mediterránea**, reconocida por su equilibrio nutricional y bajo impacto ambiental. Sin embargo, la elección entre diferentes tipos de dieta —por ejemplo, **mediterránea**, **vegetariana**, **vegana**, **keto** o **low-carb**— implica considerar simultáneamente **múltiples criterios conflictivos**:

- el **coste económico** (que se desea minimizar),
- la **salud y equilibrio nutricional** (que se desea maximizar),
- la **facilidad de adherencia o cumplimiento**,
- la **sostenibilidad ambiental**, y
- la **variedad gastronómica y satisfacción personal**.

Tomar una decisión óptima no es trivial, ya que **ninguna alternativa domina completamente a las demás**. Por ello, este trabajo aborda el problema como una **decisión multicriterio**, aplicando distintas metodologías vistas en clase:

- **AHP (Analytic Hierarchy Process)** para establecer un ranking y determinar los **pesos de los criterios** a partir de comparaciones por pares,

- **PROMETHEE I** para establecer un **ranking parcial de alternativas**
- **PROMETHEE II** para establecer un **ranking completo de alternativas**, y
- **ELECTRE I** para analizar la **robustez** de la elección mediante el estudio del núcleo y el umbral de concordancia α .

Con estos métodos se busca **identificar la dieta más equilibrada** desde un punto de vista integral, considerando aspectos nutricionales, económicos y ambientales. Además, el uso conjunto de diferentes técnicas permite **comparar la coherencia** de los resultados y comprender cómo cada enfoque gestiona la compensación entre criterios.

Planteamiento del problema

Criterios

Salud Cardiovascular

Evalúa en qué medida cada dieta contribuye a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y a mejorar los factores de riesgo asociados, como el colesterol LDL, la presión arterial o la inflamación sistémica. Es un **criterio de beneficio**, a mayor puntuación, mejor salud cardiovascular.

Evidencia científica utilizada y suposiciones

- **Dieta omnívora:** se toma como referencia; presenta mayor riesgo cardiovascular.
- **Dieta vegetariana / vegana:** reducen el riesgo de cardiopatía isquémica en torno a un **25–30 %** respecto a las dietas omnívoras, y mejoran los niveles de colesterol LDL (*meta-análisis EPIC, Adventist Health Study, JAMA Netw Open 2023*).
- **Dieta mediterránea:** ampliamente documentada como protectora; el ensayo **PREDIMED** mostró una reducción de **≈30 %** en la incidencia de eventos cardiovasculares.
- **Dieta flexitariana:** supongo efecto intermedio; beneficios parciales al disminuir el consumo de carne y aumentar frutas y vegetales.
- **Dieta nórdica:** supongo similar a la mediterránea por su contenido en cereales integrales, pescado y vegetales; aunque con menos estudios, se espera un beneficio ligeramente inferior

Valores

para la matrix de decision utilizada en Electre y Promethee

```
CVD_RR <- c(0, 0.83333, 1, 1, 0.5, 0.6666)
names(CVD_RR) <- c("Onnivora", "Vegetariana", "Vegana", "Mediterranea", "Flexitariana", "Nordica")
CVD_RR
```

Onnivora	Vegetariana	Vegana	Mediterranea	Flexitariana	Nordica
0.00000	0.83333	1.00000	1.00000	0.50000	0.66660

para la matriz utilizada en AHP

```
alts <- c("Onnivora", "Vegetariana", "Vegana", "Mediterranea", "Flexitariana", "Nordica")
A_saludcv <- matrix(c(
  1, 1/5, 1/6, 1/7, 1/3, 1/4,
  5, 1, 1, 1/2, 3, 2,
  6, 1, 1, 1/2, 3, 2,
  7, 2, 2, 1, 4, 2,
  3, 1/3, 1/3, 1/4, 1, 1/2,
  4, 1/2, 1/2, 1/2, 2, 1
), nrow=6, byrow=TRUE, dimnames=list(alts, alts))
```

```
tab_dm2 <- A_saludcv |>
  kableExtra::kable(caption = "Matriz AHP – Tabla Salud") |>
  kableExtra::kable_styling(full_width = FALSE)

kableExtra::save_kable(tab_dm2, "Salud.png")
```

save_kable will have the best result with magick installed.

```
knitr::include_graphics("Salud.png")
```

Matriz AHP – Tabla Salud

	Onnivora	Vegetariana	Vegana	Mediterranea	Flexitariana	Nordica
Onnivora	1	0.2000000	0.1666667	0.1428571	0.3333333	0.25
Vegetariana	5	1.0000000	1.0000000	0.5000000	3.0000000	2.00
Vegana	6	1.0000000	1.0000000	0.5000000	3.0000000	2.00
Mediterranea	7	2.0000000	2.0000000	1.0000000	4.0000000	2.00
Flexitariana	3	0.3333333	0.3333333	0.2500000	1.0000000	0.50
Nordica	4	0.5000000	0.5000000	0.5000000	2.0000000	1.00

Riesgo de diabetes tipo 2

Evalúa la propensión a desarrollar **diabetes tipo 2 (DM2)** bajo cada patrón dietético. Es un **criterio de costo**, es decir, a menor puntuación, **menor riesgo de diabetes**.

Evidencia científica utilizada

- Como fuente principal se empleó el **Adventist Health Study-2 (AHS-2)**; sin embargo, **no todas las dietas analizadas estaban representadas** y **algunos valores pueden diferir debido a diversos factores contextuales**. Por ello, **se tomaron ciertas suposiciones fundamentadas** para completar la matriz de decisión.

Valores para la matrix de decision utilizada en Electre y Promethee

```
DM2_OR = c(1.00, 0.54, 0.51, 0.75, 0.76, 0.80)
names(DM2_OR) <- c("Onnivora", "Vegetariana", "Vegana", "Mediterranea", "Flexitariana",
"Nordica")
DM2_OR
```

Onnivora	Vegetariana	Vegana	Mediterranea	Flexitariana	Nordica
1.00	0.54	0.51	0.75	0.76	0.80

para la matriz utilizada en AHP

```
alts <- c("Onnivora", "Vegetariana", "Vegana", "Mediterranea", "Flexitariana", "Nordica")
A_dm2 <- matrix(c(
  1, 1/5, 1/6, 1/4, 1/3, 1/2,
  5, 1, 1/2, 2, 3, 2,
  6, 2, 1, 3, 4, 3,
  4, 1/2, 1/3, 1, 1/2, 1/2,
  3, 1/3, 1/4, 2, 1, 1/2,
  2, 1/2, 1/3, 2, 2, 1
), nrow=6, byrow=TRUE, dimnames=list(alts, alts))

tab_dm2 <- A_dm2 |>
  kableExtra::kable(caption = "Matriz AHP – Criterio: Riesgo de diabetes tipo 2") |>
  kableExtra::kable_styling(full_width = FALSE)

kableExtra::save_kable(tab_dm2, "matriz_dm2.png")
```

save_kable will have the best result with magick installed.

```
knitr::include_graphics("matriz_dm2.png")
```

Matriz AHP – Criterio: Riesgo de diabetes tipo 2

	Onnívora	Vegetariana	Vegana	Mediterránea	Flexitariana	Nórdica
Onnívora	1	0.2000000	0.1666667	0.25	0.3333333	0.5
Vegetariana	5	1.0000000	0.5000000	2.00	3.0000000	2.0
Vegana	6	2.0000000	1.0000000	3.00	4.0000000	3.0
Mediterránea	4	0.5000000	0.3333333	1.00	0.5000000	0.5
Flexitariana	3	0.3333333	0.2500000	2.00	1.0000000	0.5
Nórdica	2	0.5000000	0.3333333	2.00	2.0000000	1.0

Emisiones de gases de efecto invernadero

Cuantifica el **impacto climático** de cada dieta como kg de CO₂ equivalente necesarios para producir los alimentos (p. ej., por semana para una dieta de ~2.000 kcal/día). Es un **criterio de costo: menos emisiones ⇒ mejor**.

Evidencia científica utilizada

- **Altroconsumo (2024, LCA de menús 2.000 kcal/día):** Mediterránea ≈ **15,08 kg CO₂eq/semana**, Vegetariana ≈ **10,88**, Vegana ≈ **8,28**. (www.altroconsumo.it)
- **Dietas omnívora** supongo la peor y con valor mas de 10 veces mas grande que mediterranea
- **dietas flexitariana** supongo **impacto intermedio entre la mediterránea y onnívora**
- **Dieta nórdica:** supongo **impacto similar a la mediterránea**

Valores

para la matrix de decision utilizada en Electre y Promethee

```
C02_kg_week = c(28.5, 10.88, 8.28, 15.08, 20.2, 16.5)
names(C02_kg_week) <- c("Onnívora", "Vegetariana", "Vegana", "Mediterránea", "Flexitariana", "Nórdica")
C02_kg_week
```

Onnívora	Vegetariana	Vegana	Mediterránea	Flexitariana	Nórdica
28.50	10.88	8.28	15.08	20.20	16.50

para AHP

```
alts <- c("Onnivora", "Vegetariana", "Vegana", "Mediterranea", "Flexitariana", "Nordica")
# Matriz AHP
A_co2 <- matrix(c(
  1, 1/5, 1/6, 1/3, 1/2, 1/3,
  5, 1, 1/2, 3, 4, 3,
  6, 2, 1, 4, 5, 4,
  3, 1/3, 1/4, 1, 3, 2,
  2, 1/4, 1/5, 1/3, 1, 1/2,
  3, 1/3, 1/4, 1/2, 2, 1
), nrow=6, byrow=TRUE, dimnames=list(alts, alts))

tab_dm2 <- A_co2 |>
  kableExtra::kable(caption = "Matriz AHP – Criterio: Emisiones de GEI (CO2 eq.)") |>
  kableExtra::kable_styling(full_width = FALSE)

kableExtra::save_kable(tab_dm2, "Emisiones.png")
```

save_kable will have the best result with magick installed.

```
knitr::include_graphics("Emisiones.png")
```

Matriz AHP – Criterio: Emisiones de GEI (CO₂ eq.)

	Onnivora	Vegetariana	Vegana	Mediterranea	Flexitariana	Nordica
Onnivora	1	0.2000000	0.1666667	0.3333333	0.5	0.3333333
Vegetariana	5	1.0000000	0.5000000	3.0000000	4.0	3.0000000
Vegana	6	2.0000000	1.0000000	4.0000000	5.0	4.0000000
Mediterranea	3	0.3333333	0.2500000	1.0000000	3.0	2.0000000
Flexitariana	2	0.2500000	0.2000000	0.3333333	1.0	0.5000000
Nordica	3	0.3333333	0.2500000	0.5000000	2.0	1.0000000

Consumo hídrico (huella de agua)

Mide el **agua dulce** utilizada a lo largo de la cadena alimentaria de la dieta (p. ej., **litros de agua/semana** para un menú de ~2.000 kcal/día). Es un **criterio de beneficio: menos litros ⇒ mejor** (menor presión sobre los recursos hídricos).

Indicadores posibles

- Litros de **COU (consumo de agua)** por semana/día/año estimados con **LCA** de menús representativos.

Evidencia científica utilizada

- **Altroconsumo (2024, LCA de menús de 2.000 kcal/día):** Mediterránea ≈ **1.880 L/semana**, Vegetariana ≈ **1.980 L**, Vegana ≈ **1.810 L**. La **vegetariana** resulta la más “hidro-exigente” por el mayor uso de **quesos/lácteos**. (foodandtec.com)
- El mayor uso de **lácteos** incrementa la huella hídrica

Faltan datos LCA comparables para **Omnívora, Nórdica y Flexitariana**: se asume **Omnívora ≥ Mediterránea** (más carne), **Nórdica ≈ Mediterránea** (pescado, integrales) y **Flexitariana intermedia** entre Mediterránea y Vegetariana. Estas posiciones se usan para las comparaciones por pares.

Valores

para la matrix de decision utilizada en Electre y Promethee

```
Water = c(2000,1980,1810,1880,1900,1850)
names(Water) <- c("Omnivora", "Vegetariana", "Vegana", "Mediterranea", "Flexitariana",
"Nordica")
Water
```

Omnivora	Vegetariana	Vegana	Mediterranea	Flexitariana	Nordica
2000	1980	1810	1880	1900	1850

para AHP

```
alts <- c("Omnivora","Vegetariana","Vegana","Mediterranea","Flexitariana","Nordica")

# Matriz AHP (beneficio: menos agua = mejor).
# Orden esperado por menor consumo de agua (mejor→peor):
# Vegana > Mediterranea ≥ Nordica > Flexitariana > Vegetariana > Onnivora
A_acqua <- matrix(c(
  1, 1/3, 1/6, 1/4, 1/3, 1/4, # Onnivora (peor: más agua)
  3, 1, 1/3, 1/2, 2, 1/2, # Vegetariana (lácteos ↑ agua)
  6, 3, 1, 2, 4, 2, # Vegana (mejor: menos agua)
  4, 2, 1/2, 1, 2, 1, # Mediterranea (~1.880 L)
  3, 1/2, 1/4, 1/2, 1, 1/2, # Flexitariana (intermedia)
  4, 2, 1/2, 1, 2, 1 # Nordica (≈ Mediterranea)
), nrow=6, byrow=TRUE, dimnames=list(alts, alts))

tab_dm2 <- A_acqua |>
  kableExtra::kable(caption = "Matriz AHP – Criterio: Consumo hidrico (L/semana)") |>
  kableExtra::kable_styling(full_width = FALSE)

kableExtra::save_kable(tab_dm2, "Consumohidrico.png")
```

save_kable will have the best result with magick installed.

```
knitr::include_graphics("Consumohidrico.png")
```


Matriz AHP – Criterio: Consumo hídrico (L/semana)

	Onnívora	Vegetariana	Vegana	Mediterránea	Flexitariana	Nórdica
Onnívora	1	0.3333333	0.1666667	0.25	0.3333333	0.25
Vegetariana	3	1.0000000	0.3333333	0.50	2.0000000	0.50
Vegana	6	3.0000000	1.0000000	2.00	4.0000000	2.00
Mediterránea	4	2.0000000	0.5000000	1.00	2.0000000	1.00
Flexitariana	3	0.5000000	0.2500000	0.50	1.0000000	0.50
Nórdica	4	2.0000000	0.5000000	1.00	2.0000000	1.00

Uso del suelo (huella territorial)

Representa la **superficie agrícola** necesaria para sostener una dieta determinada (m^2 de tierra productiva por persona y por semana o año). Es un **criterio de costo**, **menos uso de suelo \Rightarrow mejor sostenibilidad territorial**.

Indicadores posibles

- m^2 de **tierra agrícola/semana** o por año estimados con análisis de ciclo de vida (LCA) de menús representativos.
- Proporción de superficie dedicada a **cultivos para piensos, pastos y productos animales** (altamente determinante).

Evidencia científica utilizada

- **Altroconsumo (2024, análisis LCA de menús de 2.000 kcal/día):** Mediterránea $\approx 18,84 \text{ m}^2/\text{semana}$, Vegetariana $\approx 16,80 \text{ m}^2$, Vegana $\approx 15,24 \text{ m}^2 \rightarrow$ la mediterránea usa un $\approx 17\%$ **más suelo** que la vegana.
- **Onnívora:** estimada mayor (más carne y lácteos \rightarrow más tierra para piensos).
- **Flexitariana:** intermedia, reducción notable frente a la omnívora.
- **Nórdica:** similar a la mediterránea.

En ausencia de valores exactos para algunas dietas, se interpolan los datos a partir de LCA de Altroconsumo, manteniendo la jerarquía relativa entre las alternativas.

Valores

para la matrix de decision utilizada en Electre y Promethee

```
Land_m2_week = c(22.0, 16.80, 15.24, 18.84, 17.5, 18.0)
names(Land_m2_week) <- c("Onnivora", "Vegetariana", "Vegana", "Mediterranea",
"Flexitariana", "Nordica")
Land_m2_week
```

Onnivora	Vegetariana	Vegana	Mediterranea	Flexitariana	Nordica
22.00	16.80	15.24	18.84	17.50	18.00

para la matrix AHP

```
alts <- c("Onnivora", "Vegetariana", "Vegana", "Mediterranea", "Flexitariana", "Nordica")

# Matriz AHP (beneficio: menos tierra = mejor)
# Orden esperado (mejor→peor): Vegana > Vegetariana > Flexitariana > Nordica ≈ Mediterranea > Onnivora
A_suelo <- matrix(c(
  1, 1/4, 1/5, 1/3, 1/2, 1/3,
  4, 1, 1/2, 2, 3, 2,
  5, 2, 1, 3, 4, 3,
  3, 1/2, 1/3, 1, 1/2, 1,
  2, 1/3, 1/4, 2, 1, 1/2,
  3, 1/2, 1/3, 1, 2, 1
), nrow=6, byrow=TRUE, dimnames=list(alts, alts))

tab_dm2 <- A_suelo |>
  kableExtra::kable(caption = "Matriz AHP – Criterio: Criterio: Uso del suelo (m²/semana)")
|>
  kableExtra::kable_styling(full_width = FALSE)

kableExtra::save_kable(tab_dm2, "Suelo.png")
```

save_kable will have the best result with magick installed.

```
knitr::include_graphics("Suelo.png")
```

Matriz AHP – Criterio: Criterio: Uso del suelo (m²/semana)

	Onnivora	Vegetariana	Vegana	Mediterranea	Flexitariana	Nordica
Onnivora	1	0.2500000	0.2000000	0.3333333	0.5	0.3333333
Vegetariana	4	1.0000000	0.5000000	2.0000000	3.0	2.0000000
Vegana	5	2.0000000	1.0000000	3.0000000	4.0	3.0000000
Mediterranea	3	0.5000000	0.3333333	1.0000000	0.5	1.0000000
Flexitariana	2	0.3333333	0.2500000	2.0000000	1.0	0.5000000
Nordica	3	0.5000000	0.3333333	1.0000000	2.0	1.0000000

Adecuación nutricional

Evalúa si la dieta **aporta todos los nutrientes esenciales** (proteínas de calidad, vitaminas, minerales, ácidos grasos esenciales, etc.) en cantidades cercanas o superiores a las recomendaciones. Es un **criterio de beneficio: mayor adecuación ⇒ mejor**.

Indicadores posibles

- Índices compuestos como el **Nutrient Adequacy Ratio (NAR)** o **Mean Adequacy Ratio (MAR)**.
- Porcentaje de cumplimiento de las **recomendaciones nutricionales** (proteínas, calcio, hierro, zinc, vitaminas A, D, B12, C, folatos, etc.).
- Puntuaciones de calidad dietética (p. ej., *AHEI*, *Mediterranean Diet Score*).

Evidencia científica utilizada

- **EPIC-Oxford (UK)** y **Adventist Health Study-2 (EE. UU.)**: ofrecen datos detallados de **aportes medios de nutrientes** según patrón dietético.

Valores tomados en parte desde Average Nutrient Intakes table 1 AHS-2 y en parte haciendo supposiciones

Valores

para la matrix de decision utilizada en Electre y Promethee

```
Adeq_score = c(33634, 21799, 5694, 35000, 28000, 33800)
names(Adeq_score) <- c("Onnivora", "Vegetariana", "Vegana", "Mediterranea", "Flexitariana", "Nordica")
Adeq_score
```

Onnivora	Vegetariana	Vegana	Mediterranea	Flexitariana	Nordica
33634	21799	5694	35000	28000	33800

Matriz utilizada en AHP

```
alts <- c("Onnivora", "Vegetariana", "Vegana", "Mediterranea", "Flexitariana", "Nordica")

# Matriz AHP (beneficio: mayor adecuación = mejor)

A_nutri <- matrix(c(
  1, 1/2, 2, 1/3, 1/2, 1/3,
  2, 1, 1/3, 1/2, 1, 1/2,
  1/2, 3, 1, 1/3, 1/2, 1/3,
  3, 2, 3, 1, 2, 1,
  2, 1, 2, 1/2, 1, 1/2,
  3, 2, 3, 1, 2, 1
), nrow=6, byrow=TRUE, dimnames=list(alts, alts))

tab_dm2 <- A_nutri |>
  kableExtra::kable(caption = "Matriz AHP – Criterio: Adecuación nutricional") |>
  kableExtra::kable_styling(full_width = FALSE)

kableExtra::save_kable(tab_dm2, "Nutr.png")
```

save_kable will have the best result with magick installed.

```
knitr::include_graphics("Nutr.png")
```

Matriz AHP – Criterio: Adecuación nutricional

	Onnivor	Vegetaria	Vegana	Mediterranea	Flexitariana	Nordica
Onnivor	1.0	0.5	2.0000000	0.3333333	0.5	0.3333333
Vegetaria	2.0	1.0	0.3333333	0.5000000	1.0	0.5000000
Vegana	0.5	3.0	1.0000000	0.3333333	0.5	0.3333333
Mediterranea	3.0	2.0	3.0000000	1.0000000	2.0	1.0000000
Flexitariana	2.0	1.0	2.0000000	0.5000000	1.0	0.5000000
Nordica	3.0	2.0	3.0000000	1.0000000	2.0	1.0000000

Costo medio de la dieta

Evalúa el **gasto monetario semanal o diario** necesario para seguir cada patrón alimentario, manteniendo igual valor energético (~2.000 kcal/día) y adecuada cobertura nutricional. Es un **criterio de costo**, *: **menor costo ⇒ mejor**.

Evidencia científica utilizada

- **Altroconsumo (2024, análisis de precios en Italia):**
 - ▶ **Vegetariana:** ≈ 53 €/semana → la más económica.
 - ▶ **Vegana:** ≈ 54 €/semana → similar a la vegetariana.
 - ▶ **Mediterránea:** ≈ 63 €/semana → ≈ 17 % más cara que la vegetariana (el 19 % del gasto es pescado y el 8 % carne).
- **Flexitariana:** no aparece en Altroconsumo; se estima **entre mediterránea y vegetariana**
- **Omnívora estándar:** prevista igual o algo más cara que la mediterránea .
- **Nórdica:** se estima algo superior a la mediterránea.

Valores

para la matrix de decision utilizada en Electre y Promethee

```
Cost_eur_week = c(65, 53, 54, 63, 57, 71)
names(Cost_eur_week) <- c("Onnivor", "Vegetaria", "Vegana", "Mediterranea",
"Flexitariana", "Nordica")
Cost_eur_week
```

Onnivora	Vegetariana	Vegana	Mediterranea	Flexitariana	Nordica
65	53	54	63	57	71

Matriz utilizada en AHP

```
alts <- c("Onnivora", "Vegetariana", "Vegana", "Mediterranea", "Flexitariana", "Nordica")

# Matriz AHP (beneficio: menor costo = mejor)

A_costo <- matrix(c(
  1, 1/3, 1/3, 1/2, 1/2, 1/4,
  3, 1, 1, 2, 2, 3,
  3, 1, 1, 2, 2, 3,
  2, 1/2, 1/2, 1, 2, 1/2,
  2, 1/2, 1/2, 1/2, 1, 1/2,
  4, 1/3, 1/3, 2, 2, 1
), nrow=6, byrow=TRUE, dimnames=list(alts, alts))

tab_dm2 <- A_costo |>
  kableExtra::kable(caption = "Matriz AHP – Criterio: Costo medio de la dieta (€ / semana)")
|>
  kableExtra::kable_styling(full_width = FALSE)

kableExtra::save_kable(tab_dm2, "Costo.png")
```

save_kable will have the best result with magick installed.

```
knitr::include_graphics("Costo.png")
```

Matriz AHP – Criterio: Costo medio de la dieta (€ / semana)

	Onnívora	Vegetariana	Vegana	Mediterránea	Flexitariana	Nórdica
Onnívora	1	0.3333333	0.3333333	0.5	0.5	0.25
Vegetariana	3	1.0000000	1.0000000	2.0	2.0	3.00
Vegana	3	1.0000000	1.0000000	2.0	2.0	3.00
Mediterránea	2	0.5000000	0.5000000	1.0	2.0	0.50
Flexitariana	2	0.5000000	0.5000000	0.5	1.0	0.50
Nórdica	4	0.3333333	0.3333333	2.0	2.0	1.00

Consumo de alimentos de origen animal (impacto en bienestar animal)

Mide la **proporción y cantidad de productos animales** (carne, pescado, lácteos, huevos) en cada dieta, indicador del número de animales criados o sacrificados y del impacto ético asociado. Es un **criterio de costo ético-ambiental** interpretado como **criterio de costo: menor consumo animal \Rightarrow mejor** (mayor bienestar animal y menor presión sobre la biodiversidad).

Indicadores posibles

- % de calorías o proteínas de origen animal.
- Porciones semanales o anuales de productos animales.

Evidencia científica utilizada

- **Filippin et al. (2023, *IJERPH*)**: comparación entre dietas mediterránea y vegana isocalóricas.
 - Mediterránea: \approx **10,6 % de las calorías** derivadas de alimentos animales (pescado, lácteos, ave).
 - Vegana: **0 %**.

Suppongo

- **Omnívora occidental estándar**: \approx **25–30 %** de las calorías totales de fuentes animales.
- **Vegetariana (lacto-ovo)**: \approx **30–35 % de proteínas** de origen animal (sin carne/pescado, pero con lácteos y huevos).
- **Flexitariana**: consumo reducido (\sim 50 % de la omnívora, o \approx 12–15 % de las calorías).
- **Nórdica**: similar a la mediterránea, con menos carne y más pescado .

Valores

Ante la ausencia de un dataset unificado, se emplean estas proporciones como base para Promethe y Electre

```
Animal_pct_kcal = c(27,15, 0, 10.6, 13, 11)
names(Animal_pct_kcal) <- c("Onnivora", "Vegetariana", "Vegana", "Mediterranea",
"Flexitariana", "Nordica")
Animal_pct_kcal
```

Onnivora	Vegetariana	Vegana	Mediterranea	Flexitariana	Nordica
27.0	15.0	0.0	10.6	13.0	11.0

para AHP

```
alts <- c("Onnivora","Vegetariana","Vegana","Mediterranea","Flexitariana","Nordica")

# Matriz AHP (beneficio: menor consumo animal = mejor)
A_anim <- matrix(c(
  1, 1/4, 1/6, 1/3, 1/2, 1/3,
  4, 1, 1/3, 2, 3, 2,
  6, 3, 1, 4, 5, 4,
  3, 1/2, 1/4, 1, 1/2, 1,
  2, 1/3, 1/5, 2, 1, 1/2,
  3, 1/2, 1/4, 1, 2, 1
), nrow=6, byrow=TRUE, dimnames=list(alts, alts))

tab_dm2 <- A_anim |>
  kableExtra::kable(caption = "Matriz AHP – Criterio: Consumo de alimentos de origen animal
(impacto en bienestar animal)") |>
  kableExtra::kable_styling(full_width = FALSE)

kableExtra::save_kable(tab_dm2, "Animal.png")
```

save_kable will have the best result with magick installed.

```
knitr::include_graphics("Animal.png")
```


Matriz AHP – Criterio: Consumo de alimentos de origen animal (impacto en bienestar animal)

	Onnivora	Vegetariana	Vegana	Mediterranea	Flexitariana	Nordica
Onnivora	1	0.2500000	0.1666667	0.3333333	0.5	0.3333333
Vegetariana	4	1.0000000	0.3333333	2.0000000	3.0	2.0000000
Vegana	6	3.0000000	1.0000000	4.0000000	5.0	4.0000000
Mediterranea	3	0.5000000	0.2500000	1.0000000	0.5	1.0000000
Flexitariana	2	0.3333333	0.2000000	2.0000000	1.0	0.5000000
Nordica	3	0.5000000	0.2500000	1.0000000	2.0	1.0000000

2. AHP

Método 1 → variante 1 (autovector mayor autovalor)

Pesos nivel 2 (macro-criterios)

```
XmatrizNivel2 <- multicriterio.crea.matrizvaloraciones_mej(
  c(2, 3, 2), 3, c("Salud", "Ambiente", "EconomiaEtica"))

resNivel2 <- multicriterio.metodoAHP.variantel.autovectormayorautovalor(XmatrizNivel2)
resNivel2$valoraciones.ahp
```

Salud	Ambiente	EconomiaEtica
0.5396146	0.2969613	0.1634241

```
print(paste("consistencia:", resNivel2$CI.coef.inconsistencia/
  resNivel2$RI.coef.inconsistencia))
```

```
[1] "consistencia: 0.58"
```

suposición: Salud mas importante que ambiente y economia/etica mientras Ambiente mas importante que economia/etica).

Pesos nivel 3 (subcriterios)

SALUD Y BIENESTAR

```
XmatrizC1 <- multicriterio.crea.matrizvaloraciones(t(c(
  1, 2, 4,
  1/2, 1, 3,
  1/4, 1/3, 1
)), 3, c("SaludCV", "Diabetes", "Adecuacion"))

resC1 <- multicriterio.metodoAHP.variantel1.autovectormayorautovalor(XmatrizC1)
resC1$valoraciones.ahp
```

SaludCV	Diabetes	Adecuacion
0.5584245	0.3196183	0.1219572

```
print(paste("consistencia:", resC1$CI.coef.inconsistencia))
```

```
[1] "consistencia: 0.009147353644815"
```

suposición: SaludCV y Diabetes son más importantes que Adecuación (por impacto directo en enfermedad).

SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

```
XmatrizC2 <- multicriterio.crea.matrizvaloraciones(t(c(
  1, 2, 4,
  1/2, 1, 2,
  1/4, 1/2, 1
)), 3, c("Emisiones", "Agua", "Suelo"))
resC2 <- multicriterio.metodoAHP.variantel1.autovectormayorautovalor(XmatrizC2)
resC2$valoraciones.ahp
```

Emisiones	Agua	Suelo
0.5714286	0.2857143	0.1428571

```
print(paste("consistencia:", resC2$consistencia))
```

```
[1] "consistencia: Consistencia aceptable"
```

suposición: Emisiones y Consumo de Agua son más importantes que Uso del Suelo (por impacto climático y hídrico).

ECONOMÍA Y ÉTICA (costo vs. bienestar)

```
XmatrizC3 <- multicriterio.crea.matrizvaloraciones(t(c(
  1, 1/3, # Costo es menos importante que Animal
  3, 1
)), 2, c("Costo", "Animal"))
resC3 <- multicriterio.metodoAHP.variantel1.autovectormayorautovalor(XmatrizC3)
resC3$valoraciones.ahp
```

Costo	Animal
0.25	0.75

```
# no consistencia porque 2x2
```

suposición: Bienestar animal es más importante que el costo económico.

Pesos alternativas por criterio

```
tbl1 <- multicriterio.crea.matrizvaloraciones_mej(
  c( 1/5, 1/6, 1/7, 1/3, 1/4, 1, 1/2, 3, 2, 1/2, 3, 2, 4, 2, 1/2), numalternativas
  = 6,
  v.nombres.alternativas
  =
  c("Onnivora", "Vegetariana", "Vegana", "Mediterranea", "Flexitariana", "Nordica")
)
tbl1
```

	Onnivora	Vegetariana	Vegana	Mediterranea	Flexitariana	Nordica
Onnivora	1	0.2000000	0.1666667	0.1428571	0.3333333	0.25
Vegetariana	5	1.0000000	1.0000000	0.5000000	3.0000000	2.00
Vegana	6	1.0000000	1.0000000	0.5000000	3.0000000	2.00
Mediterranea	7	2.0000000	2.0000000	1.0000000	4.0000000	2.00
Flexitariana	3	0.3333333	0.3333333	0.2500000	1.0000000	0.50
Nordica	4	0.5000000	0.5000000	0.5000000	2.0000000	1.00

```
# Pesos locales
pl1 <- multicriterio.metodoAHP.variantel.autovectormayorautovalor(tbl1)
pl1$valoraciones.ahp.ordenadas
```

Mediterranea	Vegana	Vegetariana	Nordica	Flexitariana	Onnivora
0.32968199	0.21438433	0.20845071	0.13308776	0.07826418	0.03613104

```
print(paste("consistencia:", pl1$CI.coef.inconsistencia/pl1$RI.coef.inconsistencia))
```

```
[1] "consistencia: 1.24"
```

```
tbl2 <- multicriterio.crea.matrizvaloraciones_mej(
  c(1/5, 1/6, 1/4, 1/3, 1/2,
    1/2, 2, 3, 2,
    3, 4, 3,
    1/2, 1/2,
    1/2), numalternativas = 6,
  v.nombres.alternativas
  =
  c("Onnivora", "Vegetariana", "Vegana", "Mediterranea", "Flexitariana", "Nordica")
)
tbl2
```

	Onnivora	Vegetariana	Vegana	Mediterranea	Flexitariana	Nordica
Onnivora	1	0.2000000	0.1666667	0.25	0.3333333	0.5
Vegetariana	5	1.0000000	0.5000000	2.00	3.0000000	2.0
Vegana	6	2.0000000	1.0000000	3.00	4.0000000	3.0
Mediterranea	4	0.5000000	0.3333333	1.00	0.5000000	0.5
Flexitariana	3	0.3333333	0.2500000	2.00	1.0000000	0.5
Nordica	2	0.5000000	0.3333333	2.00	2.0000000	1.0

```
# Pesos locales
pl2 <- multicriterio.metodoAHP.variantel.autovectormayorautovalor(tbl2)
pl2$valoraciones.ahp.ordenadas
```

Vegana	Vegetariana	Nordica	Flexitariana	Mediterranea	Onnivora
0.36360993	0.23351369	0.14318715	0.11049191	0.10351741	0.04567991

```
print(paste("consistencia:", pl2$CI.coef.inconsistencia/pl2$RI.coef.inconsistencia))
```

```
[1] "consistencia: 1.24"
```

```
tb3 <- multicriterio.crea.matrizvaloraciones_mej(
  c(1/5, 1/6, 1/3, 1/2, 1/3,
    1/2, 3, 4, 3,
    4, 5, 4,
    3, 2,
    1/2) , numalternativas = 6,
                                v.nombres.alternativas =
  c("Onnivora","Vegetariana","Vegana","Mediterranea","Flexitariana","Nordica")
)
tb3
```

	Onnivora	Vegetariana	Vegana	Mediterranea	Flexitariana	Nordica
Onnivora	1	0.2000000	0.1666667	0.3333333	0.5	0.3333333
Vegetariana	5	1.0000000	0.5000000	3.0000000	4.0	3.0000000
Vegana	6	2.0000000	1.0000000	4.0000000	5.0	4.0000000
Mediterranea	3	0.3333333	0.2500000	1.0000000	3.0	2.0000000
Flexitariana	2	0.2500000	0.2000000	0.3333333	1.0	0.5000000
Nordica	3	0.3333333	0.2500000	0.5000000	2.0	1.0000000

```
# Pesos locales
pl3 <- multicriterio.metodoAHP.variantel.autovectormayorautovalor(tb3)
pl3$valoraciones.ahp.ordenadas
```

Vegana	Vegetariana	Mediterranea	Nordica	Flexitariana	Onnivora
0.39405507	0.26438026	0.13581391	0.09871969	0.06306823	0.04396284

```
print(paste("consistencia:", pl3$CI.coef.inconsistencia/pl3$RI.coef.inconsistencia))
```

```
[1] "consistencia: 1.24"
```

```
tb4 <- multicriterio.crea.matrizvaloraciones_mej(
  c(1/3, 1/6, 1/4, 1/3, 1/4,
    1/3, 1/2, 2, 1/2,
    2, 4, 2,
    2, 1,
    1/2) , numalternativas = 6,
                                v.nombres.alternativas =
  c("Onnivora","Vegetariana","Vegana","Mediterranea","Flexitariana","Nordica")
)
tb4
```

	Onnivora	Vegetariana	Vegana	Mediterranea	Flexitariana	Nordica
Onnivora	1	0.3333333	0.1666667	0.25	0.3333333	0.25
Vegetariana	3	1.0000000	0.3333333	0.50	2.0000000	0.50

Vegana	6	3.0000000	1.0000000	2.00	4.0000000	2.00
Mediterranea	4	2.0000000	0.5000000	1.00	2.0000000	1.00
Flexitariana	3	0.5000000	0.2500000	0.50	1.0000000	0.50
Nordica	4	2.0000000	0.5000000	1.00	2.0000000	1.00

```
# Pesos locales
pl4 <- multicriterio.metodoAHP.variantel.autovectormayorautovalor(tb4)
pl4$valoraciones.ahp.ordenadas
```

Vegana	Mediterranea	Nordica	Vegetariana	Flexitariana	Onnivora
0.35119958	0.19312885	0.19312885	0.12409772	0.09372031	0.04472469

```
print(paste("consistencia:", pl4$CI.coef.inconsistencia/pl4$RI.coef.inconsistencia))
```

```
[1] "consistencia: 1.24"
```

```
tb5 <- multicriterio.crea.matrizvaloraciones_mej(
  c(1/4, 1/5, 1/3, 1/2, 1/3, # Onnivora (peor: más tierra)
    1/2, 2, 3, 2, # Vegetariana (≈16,8 m²; menor que Med/Nord)
    3, 4, 3, # Vegana (mejor: 15,24 m²)
    1/2, 1, # Mediterranea (~18,84 m²)
    1/2), numalternativas = 6,
    v.nombres.alternativas =
  c("Onnivora", "Vegetariana", "Vegana", "Mediterranea", "Flexitariana", "Nordica")
)
tb5
```

	Onnivora	Vegetariana	Vegana	Mediterranea	Flexitariana	Nordica
Onnivora	1	0.2500000	0.2000000	0.3333333	0.5	0.3333333
Vegetariana	4	1.0000000	0.5000000	2.0000000	3.0	2.0000000
Vegana	5	2.0000000	1.0000000	3.0000000	4.0	3.0000000
Mediterranea	3	0.5000000	0.3333333	1.0000000	0.5	1.0000000
Flexitariana	2	0.3333333	0.2500000	2.0000000	1.0	0.5000000
Nordica	3	0.5000000	0.3333333	1.0000000	2.0	1.0000000

```
# Pesos locales
pl5 <- multicriterio.metodoAHP.variantel.autovectormayorautovalor(tb5)
pl5$valoraciones.ahp.ordenadas
```

Vegana	Vegetariana	Nordica	Mediterranea	Flexitariana	Onnivora
0.36243167	0.23077356	0.13709529	0.11118565	0.10742168	0.05109215

```
print(paste("consistencia:", pl5$CI.coef.inconsistencia/pl5$RI.coef.inconsistencia))
```

```
[1] "consistencia: 1.24"
```

```
tb6 <- multicriterio.crea.matrizvaloraciones_mej(
  c(1/2, 2, 1/3, 1/2, 1/3, # Onnivora (adecuada pero con excesos de grasas saturadas)
    1/3, 1/2, 1, 1/2, # Vegetariana (adecuada, B12 marginal)
    1/3, 1/2, 1/3, # Vegana (nutrientes críticos: B12, Ca, Zn)
```

```

    2, 1, # Mediterranea (excelente equilibrio nutricional)
    1/2), numalternativas = 6,

    v.nombres.alternativas
c("Onnivora", "Vegetariana", "Vegana", "Mediterranea", "Flexitariana", "Nordica")
)
tb6

```

	Onnivora	Vegetariana	Vegana	Mediterranea	Flexitariana	Nordica
Onnivora	1.0	0.5	2.0000000	0.3333333	0.5	0.3333333
Vegetariana	2.0	1.0	0.3333333	0.5000000	1.0	0.5000000
Vegana	0.5	3.0	1.0000000	0.3333333	0.5	0.3333333
Mediterranea	3.0	2.0	3.0000000	1.0000000	2.0	1.0000000
Flexitariana	2.0	1.0	2.0000000	0.5000000	1.0	0.5000000
Nordica	3.0	2.0	3.0000000	1.0000000	2.0	1.0000000

```

# Pesos locales
pl6 <- multicriterio.metodoAHP.variantel.autovectormayorautovalor(tb6)
pl6$valoraciones.ahp.ordenadas

```

Mediterranea	Nordica	Flexitariana	Vegana	Vegetariana	Onnivora
0.26047892	0.26047892	0.14680311	0.11739098	0.11672844	0.09811963

```

print(paste("consistencia:", pl6$CI.coef.inconsistencia/pl6$RI.coef.inconsistencia))

```

```

[1] "consistencia: 1.24"

```

```

tb7 <- multicriterio.crea.matrizvaloraciones_mej(
  c(1/3, 1/3, 1/2, 1/2, 1/4, # Onnivora (más cara: carnes rojas)
    1, 2, 2, 3, # Vegetariana (más barata)
    2, 2, 3, # Vegana (similar a vegetariana)
    2, 1/2, # Mediterranea (~17% más cara)
    1/2), numalternativas = 6,

    v.nombres.alternativas
c("Onnivora", "Vegetariana", "Vegana", "Mediterranea", "Flexitariana", "Nordica")
)
tb7

```

	Onnivora	Vegetariana	Vegana	Mediterranea	Flexitariana	Nordica
Onnivora	1	0.3333333	0.3333333	0.5	0.5	0.25
Vegetariana	3	1.0000000	1.0000000	2.0	2.0	3.00
Vegana	3	1.0000000	1.0000000	2.0	2.0	3.00
Mediterranea	2	0.5000000	0.5000000	1.0	2.0	0.50
Flexitariana	2	0.5000000	0.5000000	0.5	1.0	0.50
Nordica	4	0.3333333	0.3333333	2.0	2.0	1.00

```

# Pesos locales
pl7 <- multicriterio.metodoAHP.variantel.autovectormayorautovalor(tb7)
pl7$valoraciones.ahp.ordenadas

```

Vegetariana	Vegana	Nordica	Mediterranea	Flexitariana	Onnivora
0.26849449	0.26849449	0.16845086	0.12880061	0.10237957	0.06337998

```
print(paste("consistencia:", pl7$CI.coef.inconsistencia/pl7$RI.coef.inconsistencia))
```

```
[1] "consistencia: 1.24"
```

```
tb8 <- multicriterio.crea.matrizvaloraciones_mej(
  c( 1/4, 1/6, 1/3, 1/2, 1/3, # Onnivora (mayor consumo animal)
    1/3, 2, 3, 2, # Vegetariana (sin carne/pescado, pero lácteos/huevos)
    4, 5, 4, # Vegana (0% alimentos animales)
    1/2, 1, # Mediterranea (~10% kcal animales)
    1/2), numalternativas = 6,
    v.nombres.alternativas =
  c("Onnivora","Vegetariana","Vegana","Mediterranea","Flexitariana","Nordica")
)
tb8
```

	Onnivora	Vegetariana	Vegana	Mediterranea	Flexitariana	Nordica
Onnivora	1	0.2500000	0.1666667	0.3333333	0.5	0.3333333
Vegetariana	4	1.0000000	0.3333333	2.0000000	3.0	2.0000000
Vegana	6	3.0000000	1.0000000	4.0000000	5.0	4.0000000
Mediterranea	3	0.5000000	0.2500000	1.0000000	0.5	1.0000000
Flexitariana	2	0.3333333	0.2000000	2.0000000	1.0	0.5000000
Nordica	3	0.5000000	0.2500000	1.0000000	2.0	1.0000000

```
# Pesos locales
pl8 <- multicriterio.metodoAHP.variantel.autovectormayorautovalor(tb8)
pl8$valoraciones.ahp.ordenadas
```

Vegana	Vegetariana	Nordica	Mediterranea	Flexitariana	Onnivora
0.43140669	0.20315419	0.12257858	0.09931851	0.09679553	0.04674650

```
print(paste("consistencia:", pl8$CI.coef.inconsistencia/pl8$RI.coef.inconsistencia))
```

```
[1] "consistencia: 1.24"
```

Pesos globales

```
# macro
w_macro <- resNivel2$valoraciones.ahp # c("Salud","Ambiente","EconomiaEtica")

# --- sub dentro ai macro ---
w_salud <- resC1$valoraciones.ahp # c("SaludCV","Diabetes","Adecuacion")
w_amb <- resC2$valoraciones.ahp # c("Emisiones","Agua","Suelo")
w_econ <- resC3$valoraciones.ahp # c("Costo","Animal")

# --- costruisco i pesi globali nell'ordine della tua lista ---
w_criterios <- c(
  "Salud Cardiovascular" = w_macro["Salud"] * w_salud["SaludCV"],
  "Riesgo de diabetes tipo 2" = w_macro["Salud"] * w_salud["Diabetes"],
  "Emisiones de GEI (CO2 eq.)" = w_macro["Ambiente"] * w_amb["Emisiones"],
  "Consumo hídrico (huella de agua)" = w_macro["Ambiente"] * w_amb["Agua"],
  "Uso del suelo (huella territorial)" = w_macro["Ambiente"] * w_amb["Suelo"],
  "Adecuación nutricional" = w_macro["Salud"] *
w_salud["Adecuacion"],
```

```

"Costo medio de la dieta"           = w_macro["EconomiaEtica"] * w_econ["Costo"],
"Consumo de alimentos de origen animal" = w_macro["EconomiaEtica"] * w_econ["Animal"]
)

# normalizzo (sommatoria = 1) e mostro
w_criterios <- w_criterios / sum(w_criterios)
round(w_criterios, 3)

```

```

Salud Cardiovascular.Salud
0.301
Riesgo de diabetes tipo 2.Salud
0.172
Emisiones de GEI (CO2 eq.).Ambiente
0.170
Consumo hídrico (huella de agua).Ambiente
0.085
Uso del suelo (huella territorial).Ambiente
0.042
Adecuación nutricional.Salud
0.066
Costo medio de la dieta.EconomiaEtica
0.041
Consumo de alimentos de origen animal.EconomiaEtica
0.123

```

```

# Orden de las alternativas
alts <- c("Onnivora", "Vegetariana", "Vegana", "Mediterranea", "Flexitariana", "Nordica")

# Creo la matriz con los pesos locales de cada alternativa por criterio
L <- cbind(
  pl1$valoraciones.ahp[alts], # Salud Cardiovascular
  pl2$valoraciones.ahp[alts], # Riesgo de diabetes tipo 2
  pl3$valoraciones.ahp[alts], # Emisiones GEI
  pl4$valoraciones.ahp[alts], # Consumo hídrico
  pl5$valoraciones.ahp[alts], # Uso del suelo
  pl6$valoraciones.ahp[alts], # Adecuación nutricional
  pl7$valoraciones.ahp[alts], # Costo medio
  pl8$valoraciones.ahp[alts]  # Consumo de alimentos de origen animal
)
colnames(L) <- names(w_criterios)
rownames(L) <- alts

# Calculo el puntaje AHP global de cada alternativa (producto matriz * pesos)
scores_ahp <- L %*% as.numeric(w_criterios)
names(scores_ahp) <- rownames(L)

df_scores <- data.frame(
  Dieta = names(scores_ahp),
  PesoGlobal = round(as.numeric(scores_ahp), 4),
  check.names = FALSE
)

# ordeno de mejor a peor
df_scores <- df_scores[order(df_scores$PesoGlobal, decreasing = TRUE), ]
df_scores

```


	Dieta	PesoGlobal
3	Vegana	0.3109
2	Vegetariana	0.2118
4	Mediterranea	0.1959
6	Nordica	0.1428
5	Flexitariana	0.0916
1	Onnivora	0.0470

AHP usando ahp library

```
# --- 1) Scrivi il file dietas_ahp.ahp con gerarchia + pairwise completi ---
modelodietas <- '
Version: 2.0

Alternatives: &alternatives
  Onnivora:
  Vegetariana:
  Vegana:
  Mediterranea:
  Flexitariana:
  Nordica:

Goal:
  name: Elegir la mejor dieta
  preferences:
    pairwise:
      - [Salud, Ambiente, "2"]
      - [Salud, EconomiaEtica, "3"]
      - [Ambiente, EconomiaEtica, "2"]
  children:

    Salud:
      preferences:
        pairwise:
          - [SaludCV, Diabetes, "2"]
          - [SaludCV, Adecuacion, "4"]
          - [Diabetes, Adecuacion, "3"]
      children:

        SaludCV:
          preferences:
            pairwise:
              - [Onnivora, Vegetariana, "1/5"]
              - [Onnivora, Vegana, "1/6"]
              - [Onnivora, Mediterranea, "1/7"]
              - [Onnivora, Flexitariana, "1/3"]
              - [Onnivora, Nordica, "1/4"]
              - [Vegetariana, Vegana, "1"]
              - [Vegetariana, Mediterranea, "1/2"]
              - [Vegetariana, Flexitariana, "3"]
              - [Vegetariana, Nordica, "2"]
              - [Vegana, Mediterranea, "1/2"]
              - [Vegana, Flexitariana, "3"]
              - [Vegana, Nordica, "2"]
              - [Mediterranea, Flexitariana, "4"]
              - [Mediterranea, Nordica, "2"]
              - [Flexitariana, Nordica, "1/2"]
          children: *alternatives
```

Diabetes:

preferences:

pairwise:

- [Onnivora, Vegetariana, "1/5"]
- [Onnivora, Vegana, "1/6"]
- [Onnivora, Mediterranea, "1/4"]
- [Onnivora, Flexitariana, "1/3"]
- [Onnivora, Nordica, "1/2"]
- [Vegetariana, Vegana, "1/2"]
- [Vegetariana, Mediterranea, "2"]
- [Vegetariana, Flexitariana, "3"]
- [Vegetariana, Nordica, "2"]
- [Vegana, Mediterranea, "3"]
- [Vegana, Flexitariana, "4"]
- [Vegana, Nordica, "3"]
- [Mediterranea, Flexitariana, "1/2"]
- [Mediterranea, Nordica, "1/2"]
- [Flexitariana, Nordica, "1/2"]

children: *alternatives

Adecuacion:

preferences:

pairwise:

- [Onnivora, Vegetariana, "1/2"]
- [Onnivora, Vegana, "2"]
- [Onnivora, Mediterranea, "1/3"]
- [Onnivora, Flexitariana, "1/2"]
- [Onnivora, Nordica, "1/3"]
- [Vegetariana, Vegana, "1/3"]
- [Vegetariana, Mediterranea, "1/2"]
- [Vegetariana, Flexitariana, "1"]
- [Vegetariana, Nordica, "1/2"]
- [Vegana, Mediterranea, "1/3"]
- [Vegana, Flexitariana, "1/2"]
- [Vegana, Nordica, "1/3"]
- [Mediterranea, Flexitariana, "2"]
- [Mediterranea, Nordica, "1"]
- [Flexitariana, Nordica, "1/2"]

children: *alternatives

Ambiente:

preferences:

pairwise:

- [Emisiones, Agua, "2"]
- [Emisiones, Suelo, "4"]
- [Agua, Suelo, "2"]

children:

Emisiones:

preferences:

pairwise:

- [Onnivora, Vegetariana, "1/5"]
- [Onnivora, Vegana, "1/6"]
- [Onnivora, Mediterranea, "1/3"]
- [Onnivora, Flexitariana, "1/2"]
- [Onnivora, Nordica, "1/3"]
- [Vegetariana, Vegana, "1/2"]
- [Vegetariana, Mediterranea, "3"]
- [Vegetariana, Flexitariana, "4"]
- [Vegetariana, Nordica, "3"]

- [Vegana, Mediterranea, "4"]
- [Vegana, Flexitariana, "5"]
- [Vegana, Nordica, "4"]
- [Mediterranea, Flexitariana, "3"]
- [Mediterranea, Nordica, "2"]
- [Flexitariana, Nordica, "1/2"]

children: *alternatives

Agua:

preferences:

pairwise:

- [Onnivora, Vegetariana, "1/3"]
- [Onnivora, Vegana, "1/6"]
- [Onnivora, Mediterranea, "1/4"]
- [Onnivora, Flexitariana, "1/3"]
- [Onnivora, Nordica, "1/4"]
- [Vegetariana, Vegana, "1/3"]
- [Vegetariana, Mediterranea, "1/2"]
- [Vegetariana, Flexitariana, "2"]
- [Vegetariana, Nordica, "1/2"]
- [Vegana, Mediterranea, "2"]
- [Vegana, Flexitariana, "4"]
- [Vegana, Nordica, "2"]
- [Mediterranea, Flexitariana, "2"]
- [Mediterranea, Nordica, "1"]
- [Flexitariana, Nordica, "1/2"]

children: *alternatives

Suelo:

preferences:

pairwise:

- [Onnivora, Vegetariana, "1/4"]
- [Onnivora, Vegana, "1/5"]
- [Onnivora, Mediterranea, "1/3"]
- [Onnivora, Flexitariana, "1/2"]
- [Onnivora, Nordica, "1/3"]
- [Vegetariana, Vegana, "1/2"]
- [Vegetariana, Mediterranea, "2"]
- [Vegetariana, Flexitariana, "3"]
- [Vegetariana, Nordica, "2"]
- [Vegana, Mediterranea, "3"]
- [Vegana, Flexitariana, "4"]
- [Vegana, Nordica, "3"]
- [Mediterranea, Flexitariana, "1/2"]
- [Mediterranea, Nordica, "1"]
- [Flexitariana, Nordica, "1/2"]

children: *alternatives

EconomiaEtica:

preferences:

pairwise:

- [Animal, Costo, "3"]

children:

Costo:

preferences:

pairwise:

- [Onnivora, Vegetariana, "1/3"]
- [Onnivora, Vegana, "1/3"]
- [Onnivora, Mediterranea, "1/2"]

```

- [Onnivora, Flexitariana, "1/2"]
- [Onnivora, Nordica, "1/4"]
- [Vegetariana, Vegana, "1"]
- [Vegetariana, Mediterranea, "2"]
- [Vegetariana, Flexitariana, "2"]
- [Vegetariana, Nordica, "3"]
- [Vegana, Mediterranea, "2"]
- [Vegana, Flexitariana, "2"]
- [Vegana, Nordica, "3"]
- [Mediterranea, Flexitariana, "2"]
- [Mediterranea, Nordica, "1/2"]
- [Flexitariana, Nordica, "1/2"]
children: *alternatives

Animal:
preferences:
pairwise:
- [Onnivora, Vegetariana, "1/4"]
- [Onnivora, Vegana, "1/6"]
- [Onnivora, Mediterranea, "1/3"]
- [Onnivora, Flexitariana, "1/2"]
- [Onnivora, Nordica, "1/3"]
- [Vegetariana, Vegana, "1/3"]
- [Vegetariana, Mediterranea, "2"]
- [Vegetariana, Flexitariana, "3"]
- [Vegetariana, Nordica, "2"]
- [Vegana, Mediterranea, "4"]
- [Vegana, Flexitariana, "5"]
- [Vegana, Nordica, "4"]
- [Mediterranea, Flexitariana, "1/2"]
- [Mediterranea, Nordica, "1"]
- [Flexitariana, Nordica, "1/2"]
children: *alternatives
,
writeLines(modelodietas, "dietas_ahp.ahp")

# --- 2) Carica, calcola, visualizza ---
library(ahp)
ahp_dietas <- ahp::Load("dietas_ahp.ahp")
Calculate(ahp_dietas)

# Stampa priorità totali (albero)
print(ahp_dietas, priority = function(x) x$parent$priority["Total", x$name])

```

	levelName	priority
1	Elegir la mejor dieta	NA
2	--Salud	0.53961455
3	--SaludCV	0.55842454
4	--Onnivora	0.03613104
5	--Vegetariana	0.20845071
6	--Vegana	0.21438433
7	--Mediterranea	0.32968199
8	--Flexitariana	0.07826418
9	°--Nordica	0.13308776
10	--Diabetes	0.31961826
11	--Onnivora	0.04567991
12	--Vegetariana	0.23351369
13	--Vegana	0.36360993
14	--Mediterranea	0.10351741

```

15 | | | |--Flexitariana 0.11049191
16 | | | °--Nordica 0.14318715
17 | | °--Adecuacion 0.12195719
18 | | | |--Onnivora 0.09811963
19 | | | |--Vegetariana 0.11672844
20 | | | |--Vegana 0.11739098
21 | | | |--Mediterranea 0.26047892
22 | | | |--Flexitariana 0.14680311
23 | | °--Nordica 0.26047892
24 | |--Ambiente 0.29696133
25 | | |--Emisiones 0.57142857
26 | | | |--Onnivora 0.04396284
27 | | | |--Vegetariana 0.26438026
28 | | | |--Vegana 0.39405507
29 | | | |--Mediterranea 0.13581391
30 | | | |--Flexitariana 0.06306823
31 | | | °--Nordica 0.09871969
32 | | |--Agua 0.28571429
33 | | | |--Onnivora 0.04472469
34 | | | |--Vegetariana 0.12409772
35 | | | |--Vegana 0.35119958
36 | | | |--Mediterranea 0.19312885
37 | | | |--Flexitariana 0.09372031
38 | | | °--Nordica 0.19312885
39 | | °--Suelo 0.14285714
40 | | | |--Onnivora 0.05109215
41 | | | |--Vegetariana 0.23077356
42 | | | |--Vegana 0.36243167
43 | | | |--Mediterranea 0.11118565
44 | | | |--Flexitariana 0.10742168
45 | | | °--Nordica 0.13709529
46 | °--EconomiaEtica 0.16342412
47 | | |--Costo 0.25000000
48 | | | |--Onnivora 0.06337998
49 | | | |--Vegetariana 0.26849449
50 | | | |--Vegana 0.26849449
51 | | | |--Mediterranea 0.12880061
52 | | | |--Flexitariana 0.10237957
53 | | | °--Nordica 0.16845086
54 | °--Animal 0.75000000
55 | | |--Onnivora 0.04674650
56 | | |--Vegetariana 0.20315419
57 | | |--Vegana 0.43140669
58 | | |--Mediterranea 0.09931851
59 | | |--Flexitariana 0.09679553
60 | | °--Nordica 0.12257858

```

```
# Visual
```

```
# --- Percorsi ---
```

```
dir.create("fig", showWarnings = FALSE)
```

```
html_tmp <- "fig/ahp_dietas.html"
```

```
png_out <- "fig/ahp_dietas.png"
```

```
# --- Salva come HTML e screenshot in PNG ---
```

```
# invisible({
```

```
# w <- Visualize(ahp_dietas)
```

```
# <- niente stampa
```

```
# saveWidget(w, html_tmp, selfcontained = TRUE) # salva HTML
# webshot(html_tmp, png_out, vwidth = 1400, vheight = 900, delay = 0.5)
# })
#
# if (knitr::is_html_output()) {
#   cat(sprintf('', png_out))
# }
```

```
# Tabelle sintetiche
tab_tot <- AnalyzeTable(ahp_dietas)
tab_loc <- AnalyzeTable(ahp_dietas, variable="priority", sort="orig")
knitr::kable(tab_tot, caption="AnalyzeTable – pesos totales (Weight)")
```

	Weight	Vegana	Vegeta- riana	Medite- rranea	Nordica	Flexita- riana	Onnivora	Inconsis- tency
Elegir la mejor dieta	1.0000000	0.3109266	0.2118219	0.1959254	0.1428022	0.0915594	0.0469646	0.0087695
Salud	0.5396146	0.1350388	0.1107694	0.1343402	0.0819415	0.0523014	0.0252232	0.0174335
SaludCV	0.3013340	0.0646013	0.0628133	0.0993444	0.0401039	0.0235837	0.0108875	0.0142970
Diabetes	0.1724707	0.0627120	0.0402743	0.0178537	0.0246956	0.0190566	0.0078784	0.0463422
Adecua- cion	0.0658099	0.0077255	0.0076819	0.0171421	0.0171421	0.0096611	0.0064572	0.0810205
Ambien- te	0.2969613	0.1120414	0.0651826	0.0441496	0.0389542	0.0232111	0.0134224	0.0000000
Emisio- nes	0.1696922	0.0668681	0.0448633	0.0230466	0.0167520	0.0107022	0.0074602	0.0308039
Agua	0.0848461	0.0297979	0.0105292	0.0163862	0.0163862	0.0079518	0.0037947	0.0146214
Suelo	0.0424230	0.0153755	0.0097901	0.0047168	0.0058160	0.0045572	0.0021675	0.0351019
Econo- miaEtica	0.1634241	0.0638463	0.0358698	0.0174356	0.0219065	0.0160469	0.0083191	0.0000000
Animal	0.1225681	0.0528767	0.0249002	0.0121733	0.0150242	0.0118640	0.0057296	0.0388125
Costo	0.0408560	0.0109696	0.0109696	0.0052623	0.0068822	0.0041828	0.0025895	0.0500665

Tabla 1: AnalyzeTable – pesos totales (Weight)

```
knitr::kable(tab_loc, caption="AnalyzeTable – prioridades locales (Priority)")
```

	Priority	Onnivora	Vegetariana	Vegana	Mediterranea	Flexitariana	Nordica	Inconsistency
Elegir la mejor dieta	1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.0087695
Salud	0.5396146	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.0174335
SaludCV	0.5584245	0.0361310	0.2084507	0.2143843	0.3296820	0.0782642	0.1330878	0.0142970
Diabetes	0.3196183	0.0456799	0.2335137	0.3636099	0.1035174	0.1104919	0.1431872	0.0463422
Adecuacion	0.1219572	0.0981196	0.1167284	0.1173910	0.2604789	0.1468031	0.2604789	0.0810205
Ambiente	0.2969613	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.0000000
Emisiones	0.5714286	0.0439628	0.2643803	0.3940551	0.1358139	0.0630682	0.0987197	0.0308039
Agua	0.2857143	0.0447247	0.1240977	0.3511996	0.1931289	0.0937203	0.1931289	0.0146214
Suelo	0.1428571	0.0510922	0.2307736	0.3624317	0.1111857	0.1074217	0.1370953	0.0351019
EconomíaÉtica	0.1634241	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0.0000000
Costo	0.2500000	0.0633800	0.2684945	0.2684945	0.1288006	0.1023796	0.1684509	0.0500665
Animal	0.7500000	0.0467465	0.2031542	0.4314067	0.0993185	0.0967955	0.1225786	0.0388125

Tabla 2: AnalyzeTable — prioridades locales (Priority)

Resultado

- **Vegana (0.31)** → valor más alto → **mejor opción global**, con un 31 % del peso total.
- **Vegetariana (0.21)** → segunda, muy cercana.
- **Mediterránea (0.20)** → tercera, competitiva.
- **Nórdica (0.14)** → posición intermedia.
- **Flexitariana (0.09)** y **Omnívora (0.05)** → opciones con menor rendimiento.

Interpretación: Las dietas **Vegana**, **Vegetariana** y **Mediterránea** son las mejor evaluadas globalmente.

Contribución

de los criterios principales

- **Salud (0.54)** → criterio más influyente (≈ 54 % del peso total).
- **Ambiente (0.30)** → segundo criterio más importante (≈ 30 %).
- **Economía/Ética (0.16)** → menor peso relativo, pero aún relevante.

La decisión global está impulsada principalmente por la **salud** y la **sostenibilidad ambiental**, mientras que los aspectos económicos y éticos tienen un peso comparativamente menor.

Subcriterios de Salud

- **SaludCV (0.30)** y **Diabetes (0.17)** → contribuyen de forma dominante al bloque Salud.
- **Adecuación nutricional (0.07)** → peso reducido (≈ 12 % del bloque).

→ Esto explica por qué la **Mediterránea**, aunque sobresale en adecuación nutricional, no lidera el ranking global: este criterio tiene poca influencia relativa. Las dietas **Vegana** y **Vegetariana** dominan porque maximizan la salud cardiovascular y reducen el riesgo de diabetes, criterios más valorados en el modelo.

Subcriterios de Ambiente

- **Emisiones (0.17)** → factor ambiental más relevante.

- **Agua (0.08)** → importancia media.
- **Suelo (0.04)** → impacto marginal.

→ Los pesos ambientales refuerzan la ventaja de la dieta **Vegana** frente a las demás alternativas. La dieta **Vegana** destaca nuevamente por su bajo impacto en emisiones y consumo hídrico.

Subcriterios de Economía/Ética

- **Animal (0.12)** domina dentro del bloque → la ética animal pesa mucho más que el **Costo (0.04)**.

→ La dimensión ética penaliza a las dietas con alto consumo de productos animales, reforzando la preferencia por opciones **plant-based**. Las dietas **Vegana** y **Vegetariana** se ven favorecidas en esta dimensión.

Conclusión general

El análisis AHP (tramite paquete y código R) evidencia que la dieta **Vegana (31 %)** es la alternativa globalmente más recomendable, seguida de la **Vegetariana (21 %)** y la **Mediterránea (20 %)**.

Estas tres opciones mantienen ventajas combinadas en salud, sostenibilidad y ética, mientras que las dietas **Fle-xitariana**, **Nórdica** y **Omnívora** presentan un rendimiento global inferior.

La baja ponderación del criterio de **adecuación nutricional** explica por qué la Mediterránea no lidera, a pesar de su excelente equilibrio nutricional. Un ajuste de pesos que dé mayor relevancia a este aspecto podría modificar la jerarquía final.

AHP usando variante 3

```
resNivel2 <- multicriterio.metodoAHP.variante3.basico(XmatrizNivel2)
resC1 <- multicriterio.metodoAHP.variante3.basico(XmatrizC1)
resC2 <- multicriterio.metodoAHP.variante3.basico(XmatrizC2)
resC3 <- multicriterio.metodoAHP.variante3.basico(XmatrizC3)
pl1 <- multicriterio.metodoAHP.variante3.basico(tb1)
pl2 <- multicriterio.metodoAHP.variante3.basico(tb2)
pl3 <- multicriterio.metodoAHP.variante3.basico(tb3)
pl4 <- multicriterio.metodoAHP.variante3.basico(tb4)
pl5 <- multicriterio.metodoAHP.variante3.basico(tb5)
pl6 <- multicriterio.metodoAHP.variante3.basico(tb6)
pl7 <- multicriterio.metodoAHP.variante3.basico(tb7)
pl8 <- multicriterio.metodoAHP.variante3.basico(tb8)
# macro
w_macro <- resNivel2$valoraciones.ahp # c("Salud","Ambiente","EconomiaEtica")

# --- sub dentro ai macro ---
w_salud <- resC1$valoraciones.ahp # c("SaludCV","Diabetes","Adecuacion")
w_amb <- resC2$valoraciones.ahp # c("Emisiones","Agua","Suelo")
w_econ <- resC3$valoraciones.ahp # c("Costo","Animal")

# --- costruisco i pesi globali nell'ordine della tua lista ---
pesos_criterios <- c(
  "Salud Cardiovascular" = w_macro["Salud"] * w_salud["SaludCV"],
  "Riesgo de diabetes tipo 2" = w_macro["Salud"] * w_salud["Diabetes"],
  "Emisiones de GEI (CO2 eq.)" = w_macro["Ambiente"] * w_amb["Emisiones"],
  "Consumo hídrico (huella de agua)" = w_macro["Ambiente"] * w_amb["Agua"],
  "Uso del suelo (huella territorial)" = w_macro["Ambiente"] * w_amb["Suelo"],
  "Adecuación nutricional" = w_macro["Salud"] *
w_salud["Adecuacion"],
  "Costo medio de la dieta" = w_macro["EconomiaEtica"] * w_econ["Costo"],
  "Consumo de alimentos de origen animal" = w_macro["EconomiaEtica"] * w_econ["Animal"]
)

# normalizzo (sommatoria = 1) e mostro
pesos_criterios <- pesos_criterios / sum(pesos_criterios)
round(pesos_criterios, 3)
```



```

Salud Cardiovascular.Salud
0.300
Riesgo de diabetes tipo 2.Salud
0.173
Emisiones de GEI (CO2 eq.).Ambiente
0.170
Consumo hídrico (huella de agua).Ambiente
0.085
Uso del suelo (huella territorial).Ambiente
0.042
Adecuación nutricional.Salud
0.066
Costo medio de la dieta.EconomiaEtica
0.041
Consumo de alimentos de origen animal.EconomiaEtica
0.123

```

```

# Orden de las alternativas
alts <- c("Onnivora", "Vegetariana", "Vegana", "Mediterranea", "Flexitariana", "Nordica")

# Creo la matriz con los pesos locales de cada alternativa por criterio
L <- cbind(
  pl1$valoraciones.ahp[alts], # Salud Cardiovascular
  pl2$valoraciones.ahp[alts], # Riesgo de diabetes tipo 2
  pl3$valoraciones.ahp[alts], # Emisiones GEI
  pl4$valoraciones.ahp[alts], # Consumo hídrico
  pl5$valoraciones.ahp[alts], # Uso del suelo
  pl6$valoraciones.ahp[alts], # Adecuación nutricional
  pl7$valoraciones.ahp[alts], # Costo medio
  pl8$valoraciones.ahp[alts] # Consumo de alimentos de origen animal
)
colnames(L) <- names(pesos_criterios)
rownames(L) <- alts

# Calculo el puntaje AHP global de cada alternativa (producto matriz * pesos)
scores_ahp <- L %*% as.numeric(pesos_criterios)
names(scores_ahp) <- rownames(L)

df_scores <- data.frame(
  Dieta = names(scores_ahp),
  PesoGlobal = round(as.numeric(scores_ahp), 4),
  check.names = FALSE
)

# ordeno de mejor a peor
df_scores <- df_scores[order(df_scores$PesoGlobal, decreasing = TRUE), ]
df_scores

```

	Dieta	PesoGlobal
3	Vegana	0.3091
2	Vegetariana	0.2105
4	Mediterranea	0.1968
6	Nordica	0.1436
5	Flexitariana	0.0927
1	Onnivora	0.0473

Analysis resultado

Resulta el mismo ranking producido en AHP con autovalor. Solo cambian lo pesos

Analysis de l'inconsistencia

Los coeficientes de inconsistencia obtenidos para todas las matrices de comparación son inferiores al 10%, tanto en el cálculo realizado mediante el método del autovector principal como utilizando el paquete ahp. Esto indica que los juicios emitidos en los distintos niveles del modelo son altamente coherentes y no presentan contradicciones lógicas significativas entre las preferencias establecidas.

Conclusion de ahp

Tenemos un orden final de preferencia que es: Vegana >> Vegetariana > Mediterránea > Nórdica > Flexitariana > Omnívora.

Electre

Se aplicó el método ELECTRE I empleando la matriz de decisión normalizada (*nadir*) y los pesos globales derivados del modelo AHP.

El procedimiento ha incluido el cálculo de las matrices de concordancia y discordancia, la aplicación de los umbrales de veto y la obtención del núcleo aproximado.

```
df <- data.frame(
  row.names = alts,
  CVD_RR = c(0, 0.83333, 1, 1, 0.5, 0.6666),          # ben (max)
  DM2_OR = -c(1.00, 0.54, 0.51, 0.75, 0.76, 0.80),    # costo (min)
  CO2_kg_week = -c(28.5, 10.88, 8.28, 15.08, 20.2, 16.5), # costo (min)
  Water_L_week = -c(2000, 1980, 1810, 1880, 1900, 1850), # costo (min)
  Land_m2_week = -c(22.0, 16.80, 15.24, 18.84, 17.5, 18.0), # costo (min)
  Adeq_score = c(33634, 21799, 5694, 35000, 28000, 33800), # beneficio
  (max)
  Cost_eur_week = -c(65, 53, 54, 63, 57, 71),          # costo (min)
  Animal_pct_kcal = -c(27, 15, 0, 10.6, 13, 11)         # costo (min)
)

M=as.matrix(df)
M
```

	CVD_RR	DM2_OR	CO2_kg_week	Water_L_week	Land_m2_week	Adeq_score
Onnivora	0.00000	-1.00	-28.50	-2000	-22.00	33634
Vegetariana	0.83333	-0.54	-10.88	-1980	-16.80	21799
Vegana	1.00000	-0.51	-8.28	-1810	-15.24	5694
Mediterranea	1.00000	-0.75	-15.08	-1880	-18.84	35000
Flexitariana	0.50000	-0.76	-20.20	-1900	-17.50	28000
Nordica	0.66660	-0.80	-16.50	-1850	-18.00	33800

	Cost_eur_week	Animal_pct_kcal
Onnivora	-65	-27.0
Vegetariana	-53	-15.0
Vegana	-54	0.0
Mediterranea	-63	-10.6
Flexitariana	-57	-13.0
Nordica	-71	-11.0

utilizando los mismos pesos de AHP

```
pesos <- w_criterios
pesos
```

```

Salud Cardiovascular.Salud
0.30133401
Riesgo de diabetes tipo 2.Salud
0.17247067
Emisiones de GEI (CO2 eq.).Ambiente
0.16969219
Consumo hídrico (huella de agua).Ambiente
0.08484609
Uso del suelo (huella territorial).Ambiente
0.04242305
Adecuación nutricional.Salud
0.06580988
Costo medio de la dieta.EconomiaEtica
0.04085603
Consumo de alimentos de origen animal.EconomiaEtica
0.12256809

```

Vetos moderados

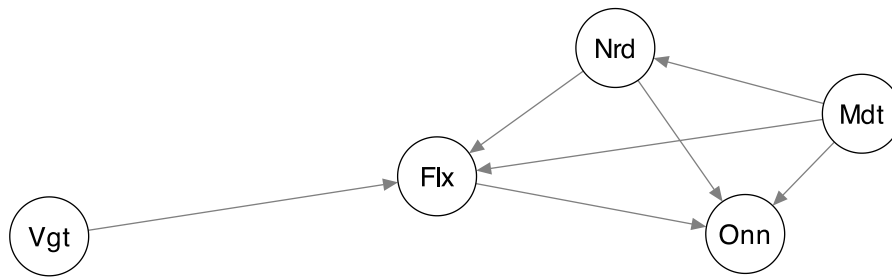
```

tb_dietas <- multicriterio.crea.matrizdecision(
  c(t(M)),
  numalternativas = nrow(M),
  numcriterios    = ncol(M)
)
rownames(tb_dietas)= rownames(M)
colnames(tb_dietas) = colnames(M)
tb_dietas=multicriterio.homogeneizacion.nadir(tb_dietas)

veto_norm_soft <- c(0.25, 0.30, 0.35, Inf, Inf, 0.25, Inf, 0.40)
sal_E <- multicriterio.metodoELECTRE_I(
  tb_dietas,
  pesos.criterios = pesos,
  nivel.concordancia.minimo.alpha = 0.7,
  no.se.compensan = veto_norm_soft,
  que.alternativas = TRUE
)

qgraph::qgraph(sal_E$relacion.dominante)

```



```
sal_E$nucleo_aprox
```

Vegetariana	Vegana	Mediterranea
2	3	4

```
rE <- func_ELECTRE_Completo(sal_E)
rE$TConcordancia$KE %>% kableExtra::save_kable("conc_dietas.png");
```

save_kable will have the best result with magick installed.

```
rE$TDiscordancia$KE %>% kableExtra::save_kable("disc_dietas.png");
```

save_kable will have the best result with magick installed.

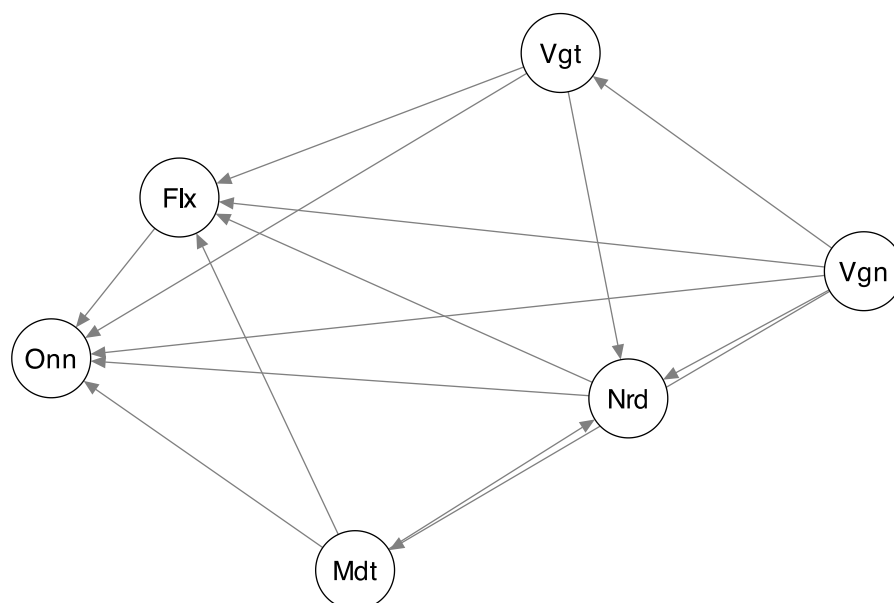
```
rE$TSuperacion$KE %>% kableExtra::save_kable("sup_dietas.png");
```

save_kable will have the best result with magick installed.

vetos más permisivos

```
sal_E <- multicriterio.metodoELECTRE_I(
  tb_dietas,
  pesos.criterios = pesos,
  nivel.concordancia.minimo.alpha = 0.5, #por cada alfa in (0.5,0.85)
  no.se.compensan = c(0.4, 0.35, Inf, Inf, Inf, Inf, Inf, Inf),
  que.alternativas = TRUE
)
```

```
qgraph::qgraph(sal_E$relacion.dominante)
```



sal_E\$nucleo_aprox

Vegana
3

Conclusión de ELECTRE

Al aplicar el método **ELECTRE I** con los pesos globales procedentes del modelo AHP y la matriz de decisión normalizada (homogeneización *nadir*), se observa una gran concordancia con el ranking obtenido mediante AHP.

Con un nivel de concordancia $\alpha \in (0.50, 0.87)$ y **umbrales de veto moderados**

$[(0.25, 0.30, 0.35, \infty, \infty, 0.25, \infty, 0.40)]$,

el **núcleo aproximado** está formado por las dietas **Vegetariana, Vegana y Mediterránea**, lo que indica que estas alternativas no son sobreclasificadas por el resto bajo condiciones de veto prudentes. Mientras con $\alpha > 0.87$ la dieta **Nordica** entra en el núcleo.

Al **relajar los vetos** en los criterios ambientales y de adecuación nutricional

$[(0.40, 0.35, \infty, \infty, \infty, 0.90, \infty, \infty)]$,

aparecen **más relaciones de sobreclasificación** en el grafo de dominancia; en consecuencia, el núcleo **se reduce** a las dietas **Vegana y Mediterránea** con $\alpha \leq 0.87$ y desde $\alpha = 0.88$ la **Nordica** entra en el núcleo.

Finalmente, con $\alpha \in (0.50, 0.80)$ y **vetos aún más permisivos**

$[(0.40, 0.35, \infty, \infty, \infty, \infty, \infty, \infty)]$,

la alternativa **Vegana** queda como **único elemento del núcleo**, es decir, no es sobreclasificada por ninguna otra.

En esta última configuración, al **eliminar el veto sobre la adecuación nutricional**, la **Mediterránea** deja de estar protegida frente a las dietas con menor adecuación, y por tanto **sale del núcleo**, mientras que la **Vegana** mantiene su posición dominante.

En suma, **ELECTRE I** corrobora la **robustez del resultado del modelo AHP**: la dieta **Vegana** emerge como la opción más sólida en términos globales, mientras que la **Mediterránea** permanece como una alternativa fuertemente competitiva, especialmente por su equilibrio entre salud, sostenibilidad y adecuación nutricional.

Promethee

PROMETHE I

```
# Matriz de funciones de preferencia: tipo, q, p, s
tab.fpref <- matrix(
  c(3,0,1,0,
    3,0,0.75,0,
    5,0.1,1,0,
    3,0,1,0,
    3,0,1,0,
    6,0,1,0.1,
    3,0,1,0,
    3,0,1,0),
  ncol = 4, byrow = TRUE
)
tab.fpref
```

```
      [,1] [,2] [,3] [,4]
[1,]    3  0.0 1.00  0.0
[2,]    3  0.0 0.75  0.0
[3,]    5  0.1 1.00  0.0
[4,]    3  0.0 1.00  0.0
[5,]    3  0.0 1.00  0.0
[6,]    6  0.0 1.00  0.1
[7,]    3  0.0 1.00  0.0
[8,]    3  0.0 1.00  0.0
```

```
tab.Pthee.i <- multicriterio.metodo.promethee_i(
  tb_dietas, pesos, tab.fpref
)
```

```
tab.Pthee.i
```

```
$tabla.indices
      Onnivora Vegetariana      Vegana Mediterranea Flexitariana
Onnivora    0.0000000 0.06579096 0.06580988    0.00000000    0.0554409
Vegetariana 0.6923055 0.00000000 0.06807964    0.15436403    0.2852156
Vegana      0.9183017 0.22349054 0.00000000    0.27958624    0.4804873
Mediterranea 0.6841254 0.18066053 0.06580988    0.00000000    0.2660877
Flexitariana 0.4764499 0.10359797 0.06580988    0.02202798    0.0000000
Nordica     0.5525980 0.14200568 0.06580988    0.01866825    0.1537819

      Nordica
Onnivora    0.01361868
Vegetariana 0.25419876
Vegana      0.41806338
Mediterranea 0.14919638
Flexitariana 0.05368703
Nordica     0.00000000

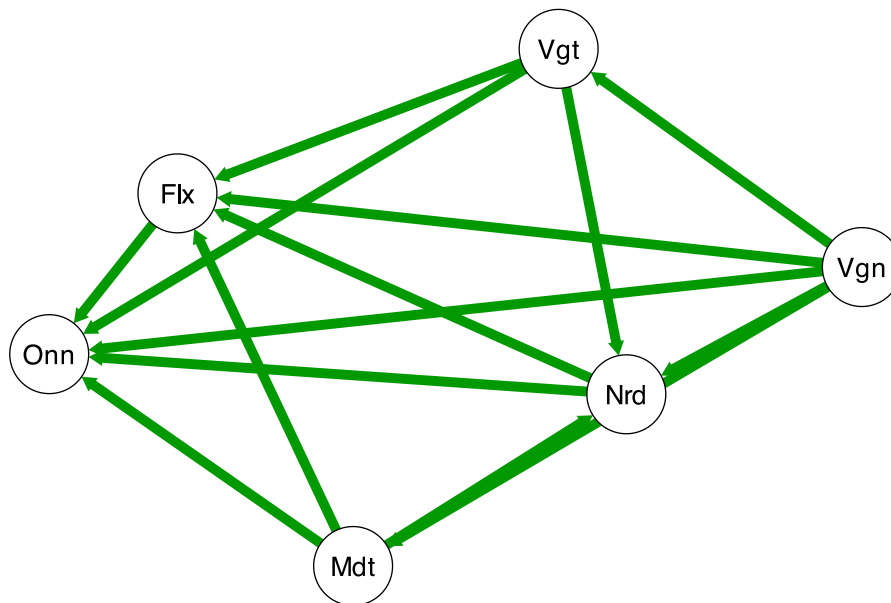
$vflujos.ent
      Onnivora Vegetariana      Vegana Mediterranea Flexitariana      Nordica
      0.2006604    1.4541635    2.3199291    1.3458799    0.7215728    0.9328637

$vflujos.sal
      Onnivora Vegetariana      Vegana Mediterranea Flexitariana      Nordica
      3.3237804    0.7155457    0.3313191    0.4746465    1.2410134    0.8887642

$tablarelacionsupera
      Onnivora Vegetariana Vegana Mediterranea Flexitariana Nordica
Onnivora          0.5          0.0          0.0          0.0          0.0          0.0
```

Vegetariana	1.0	0.5	0.0	0.0	1.0	1.0
Vegana	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0
Mediterranea	1.0	0.0	0.0	0.5	1.0	1.0
Flexitariana	1.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0
Nordica	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.5

```
qgraph(tab.Pthee.i$tablarelacionsupera)
```



Interpretación dietas por dietas

A partir de la matriz de superación:

- **Onnívora** no supera a ninguna otra dieta. → Es la opción con menor rendimiento global.
- **Vegetariana** supera a: → *Onnívora, Flexitariana y Nórdica*. No supera a *Vegana* ni a *Mediterránea*.
- **Vegana** supera a: → *Onnívora, Vegetariana, Mediterránea, Flexitariana y Nórdica*. → Es la alternativa que **supera a todas las demás**, sin ser superada por ninguna en conjunto.
- **Mediterránea** supera a: → *Onnívora, Flexitariana y Nórdica*. No supera a *Vegetariana* ni a *Vegana*.
- **Flexitariana** supera solo a: → *Onnívora*. En todos los demás casos es superada.
- **Nórdica** supera a: → *Onnívora y Flexitariana*. En general queda en una posición intermedia.

Conclusión

La **dieta Vegana** es la **alternativa dominante** en el método PROMETHEE I, pues supera a todas las demás. Le siguen, en rendimiento global, las dietas **Mediterránea** y **Vegetariana**, que también presentan varias relaciones de dominancia positiva. Las dietas **Flexitariana**, **Nórdica** y especialmente la **Onnívora** muestran menor capacidad de superación, situándose en los niveles inferiores del ranking.

Promethee II

```
tab.Pthee.ii <- multicriterio.metodo.promethee_ii(
  tb_dietas, pesos, tab.fpref
)

tab.Pthee.ii
```

```
$tabla.indices
```

	Onnivora	Vegetariana	Vegana	Mediterranea	Flexitariana
Onnivora	0.0000000	0.06579096	0.06580988	0.00000000	0.0554409
Vegetariana	0.6923055	0.00000000	0.06807964	0.15436403	0.2852156
Vegana	0.9183017	0.22349054	0.00000000	0.27958624	0.4804873
Mediterranea	0.6841254	0.18066053	0.06580988	0.00000000	0.2660877
Flexitariana	0.4764499	0.10359797	0.06580988	0.02202798	0.0000000
Nordica	0.5525980	0.14200568	0.06580988	0.01866825	0.1537819

```
Nordica
```

Onnivora	0.01361868
Vegetariana	0.25419876
Vegana	0.41806338
Mediterranea	0.14919638
Flexitariana	0.05368703
Nordica	0.00000000

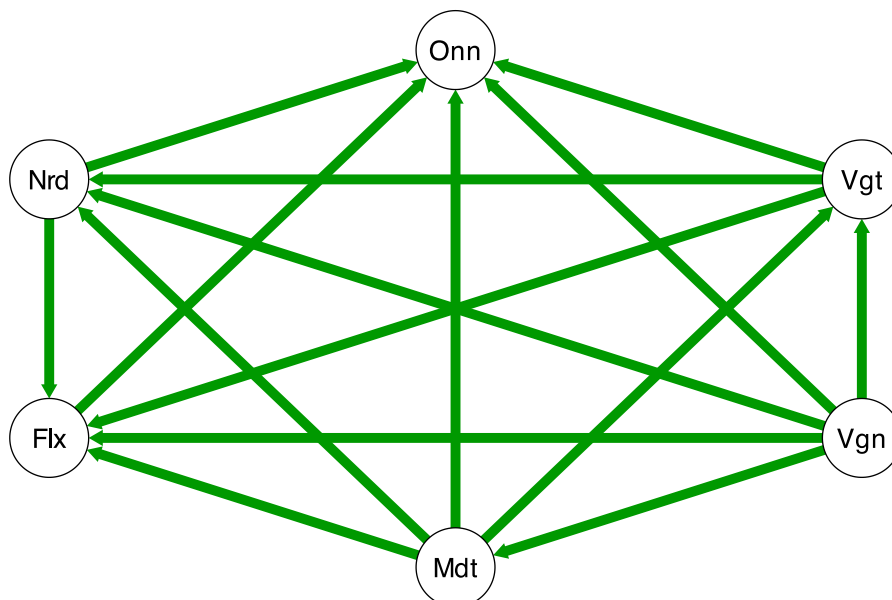
```
$vflujos.netos
```

	Onnivora	Vegetariana	Vegana	Mediterranea	Flexitariana	Nordica
Onnivora	-3.12312003	0.73861784	1.98860997	0.87123335	-0.51944060	0.04409947

```
$tablarelacionsupera
```

	Onnivora	Vegetariana	Vegana	Mediterranea	Flexitariana	Nordica
Onnivora	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vegetariana	1.0	0.5	0.0	0.0	1.0	1.0
Vegana	1.0	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0
Mediterranea	1.0	1.0	0.0	0.5	1.0	1.0
Flexitariana	1.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0
Nordica	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.5

```
qgraph(tab.Pthee.ii$tablarelacionsupera)
```



```
order(tab.Pthee.ii$vflujos.netos, decreasing = TRUE)
```

```
[1] 3 4 2 6 5 1
```

Tenemos entonces el siguiente ranking de las dietas según el flujo neto obtenido con PROMETHEE II:

Posición	Alternativa	Descripción breve
1	Vegana (3)	Mayor flujo neto \Rightarrow opción globalmente preferida
2	Mediterránea (4)	Muy cercana, segunda mejor
3	Vegetariana (2)	Buen equilibrio, pero dominada parcialmente
4	Nórdica (6)	Rendimiento medio, cercana a las mejores en algunos criterios
5	Flexitariana (5)	Intermedia, pero con menos dominancia
6	Onnívora (1)	Peor desempeño global

Interpretación

El **ranking de PROMETHEE II** confirma los resultados de **ELECTRE** y **AHP**: la **dieta Vegana** obtiene el **mayor flujo neto positivo**, situándose como la **alternativa globalmente más preferida**. La **dieta Mediterránea** ocupa la segunda posición, seguida de la **Vegetariana**, que también presenta un buen equilibrio entre salud y sostenibilidad. Las dietas **Nórdica** y **Flexitariana** se mantienen en posiciones intermedias, mientras que la **Omnívora** resulta la menos favorable desde el punto de vista multicriterio.

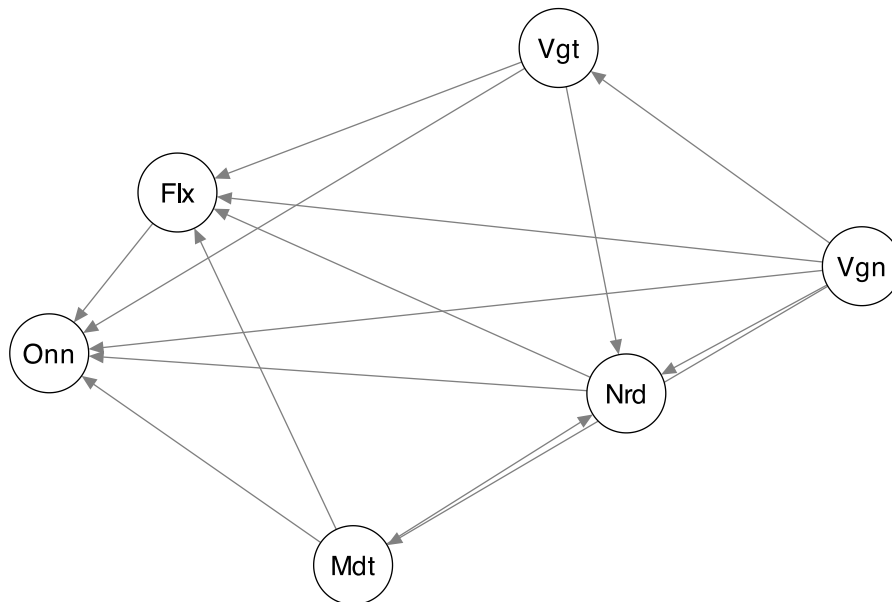
Promethee media I

```
# Matriz de funciones de preferencia: tipo, q, p, s
tab.fpref <- matrix(
  c(3,0,1,0,
    3,0,0.75,0,
    5,0.1,1,0,
    3,0,1,0,
    3,0,1,0,
    6,0,1,0.1,
    3,0,1,0,
    3,0,1,0),
  ncol = 4, byrow = TRUE
)
tab.fpref
```

```
      [,1] [,2] [,3] [,4]
[1,]    3  0.0 1.00  0.0
[2,]    3  0.0 0.75  0.0
[3,]    5  0.1 1.00  0.0
[4,]    3  0.0 1.00  0.0
[5,]    3  0.0 1.00  0.0
[6,]    6  0.0 1.00  0.1
[7,]    3  0.0 1.00  0.0
[8,]    3  0.0 1.00  0.0
```

```
tab.Pthee.i <- multicriterio.metodo.promethee_i_med(
  tb_dietas, pesos, tab.fpref
)
```

```
qgraph(tab.Pthee.i$tablarelacionsupera)
```



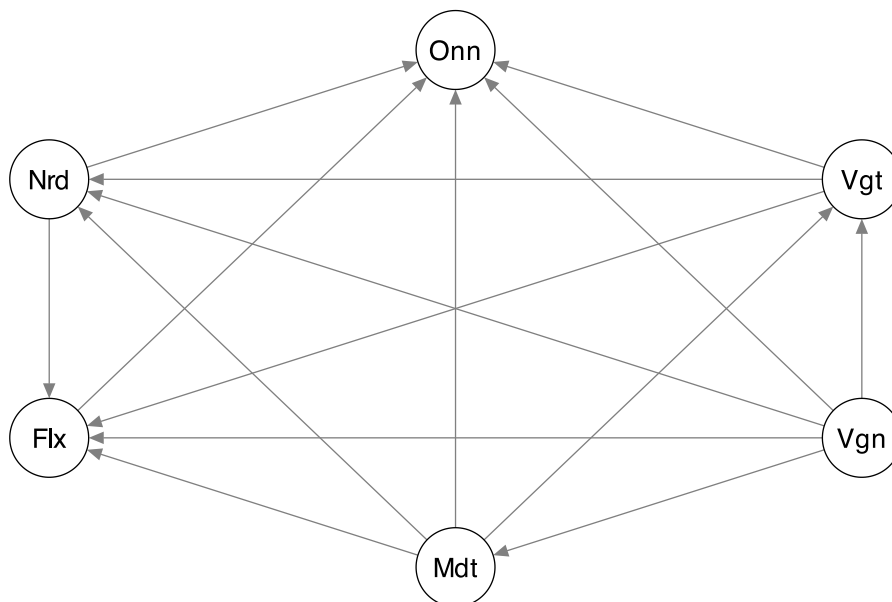
Conclusion

mismos resultados de promethee i

Promethee media II

```
tab.Pthee.ii <- multicriterio.metodo.promethee_ii_med(
  tb_dietas, pesos, tab.fpref
)
```

```
qgraph(tab.Pthee.ii$tablarelacionsupera)
```



```
order(tab.Pthee.ii$vflujos.netos, decreasing = TRUE)
```

```
[1] 3 4 2 6 5 1
```

Conclusion

mismos resultados de promethee ii

Promethee windows

```
(res = multicriterio.metodo.promethee_windows(tb_dietas, tab.fpref, pesos))
```

\$Escenario	Criterio1	Criterio2
Pesos	"0.301334008654508"	"0.172470665736252"
Funciones Preferencias	"V-shape (3)"	"V-shape (3)"
Q: Indiferencia	"0"	"0"
P: Preferencia	"1"	"0.75"
S: Gausiano	"0"	"0"
Minimo	"0"	"0"
Maximo	"1"	"1"
Media	"0.67"	"0.56"
Desviacion Tipica	"0.35"	"0.34"
Onnivora	"0"	"0"
Vegetariana	"0.83333"	"0.938775510204082"
Vegana	"1"	"1"
Mediterranea	"1"	"0.510204081632653"
Flexitariana	"0.5"	"0.489795918367347"
Nordica	"0.6666"	"0.408163265306122"
	Criterio3	Criterio4
Pesos	"0.169692189264284"	"0.084846094632142"
Funciones Preferencias	"Linear (5)"	"V-shape (3)"
Q: Indiferencia	"0.1"	"0"
P: Preferencia	"1"	"1"
S: Gausiano	"0"	"0"
Minimo	"0"	"0"
Maximo	"1"	"1"
Media	"0.59"	"0.51"
Desviacion Tipica	"0.32"	"0.36"
Onnivora	"0"	"0"
Vegetariana	"0.871414441147379"	"0.105263157894737"
Vegana	"1"	"1"
Mediterranea	"0.663699307616222"	"0.631578947368421"
Flexitariana	"0.410484668644906"	"0.526315789473684"
Nordica	"0.593471810089021"	"0.789473684210526"
	Criterio5	Criterio6
Pesos	"0.042423047316071"	"0.0658098758303143"
Funciones Preferencias	"V-shape (3)"	"Gaussian (6)"
Q: Indiferencia	"0"	"0"
P: Preferencia	"1"	"1"
S: Gausiano	"0"	"0.1"
Minimo	"0"	"0"
Maximo	"1"	"1"
Media	"0.58"	"0.7"
Desviacion Tipica	"0.31"	"0.35"
Onnivora	"0"	"0.953388384631134"
Vegetariana	"0.769230769230769"	"0.549546168020201"
Vegana	"1"	"0"
Mediterranea	"0.467455621301775"	"1"
Flexitariana	"0.665680473372781"	"0.761141063263496"
Nordica	"0.591715976331361"	"0.959052753702313"
	Criterio7	Criterio8
Pesos	"0.040856029641607"	"0.122568088924821"
Funciones Preferencias	"V-shape (3)"	"V-shape (3)"

Q: Indiferencia	"0"	"0"
P: Preferencia	"1"	"1"
S: Gausiano	"0"	"0"
Minimo	"0"	"0"
Maximo	"1"	"1"
Media	"0.58"	"0.53"
Desviacion Tipica	"0.36"	"0.29"
Onnivora	"0.3333333333333333"	"0"
Vegetariana	"1"	"0.4444444444444444"
Vegana	"0.9444444444444444"	"1"
Mediterranea	"0.4444444444444444"	"0.607407407407407"
Flexitariana	"0.7777777777777778"	"0.518518518518518"
Nordica	"0"	"0.592592592592593"

\$Acciones

	Rango	Phi	Phi.mas	Phi.menos
Vegana	1	0.3977	0.4640	0.0663
Mediterranea	2	0.1742	0.2692	0.0949
Vegetariana	3	0.1477	0.2908	0.1431
Nordica	4	0.0088	0.1866	0.1778
Flexitariana	5	-0.1039	0.1443	0.2482
Onnivora	6	-0.6246	0.0401	0.6648

Conclusion

A pesar de que los **valores de los flujos de preferencia** difieren ligeramente entre la implementación en R y el software **PROMETHEE Windows**, el **orden de las alternativas se mantiene idéntico**.

Estas pequeñas discrepancias se deben exclusivamente a **diferencias en la normalización de los flujos**

Por tanto, los resultados son **coherentes y comparables**, confirmando la **robustez del ranking obtenido**.

Conclusión general del análisis multicriterio

Los tres métodos (AHP, ELECTRE y PROMETHEE) **coinciden en destacar a las dietas Vegana, Vegetariana y Mediterránea como las mejores alternativas**, reflejando un **rendimiento equilibrado** en la mayoría de los criterios evaluados (salud, sostenibilidad y ética).

La **Vegana** sobresale de manera consistente en todos los métodos, mientras que la **Mediterránea** y la **Vegetariana** muestran fortalezas particulares y se sitúan muy próximas en el ranking.

La explicación principal de este resultado es que **estas tres dietas obtienen valores superiores en casi todos los criterios considerados**, con la excepción del criterio de **adecuación nutricional**, donde destacan la **Mediterránea** y la **Nórdica**.

De hecho, en ELECTRE se observó que **al incluir un veto sobre la adecuación nutricional, la Mediterránea entraba en el núcleo (y con alpha mas alto tambien la Nordica)**, superando a la Vegetariana, lo que resalta su robustez en ese aspecto.

En conclusión, con los pesos y los criterios definidos, **la Vegana resulta la alternativa más favorable**, aunque la **Vegetariana** y la **Mediterránea** siguen siendo opciones de alto rendimiento y coherentes con objetivos de salud y sostenibilidad.

Reflexiones finales

Este estudio tiene un carácter **exploratorio y limitado**, ya que se ha basado parcialmente en **suposiciones y estimaciones** de algunos datos, y los **criterios utilizados son en gran medida subjetivos**.

El peso asignado a cada criterio refleja una perspectiva personal, en la que se ha priorizado la **la ética** y por la **salud** particularmente los riesgos de cáncer y enfermedades cardiovasculares, por lo que la **adecuación nutricional** recibió un peso relativamente bajo.

Sin embargo, para otros enfoques o perfiles de decisión, **la adecuación nutricional** o incluso el **costo** podrían tener una importancia mucho mayor, lo que modificaría significativamente el ranking final y podría otorgar una ventaja adicional a dietas como la **Mediterránea**, **Nordica** o la **Flexitariana**.

En definitiva, se trata de un estudio **parcial pero ilustrativo**, que permite visualizar cómo las distintas metodologías multicriterio pueden apoyar la toma de decisiones en temas complejos como la alimentación sostenible, sin pretender ofrecer una “respuesta final” sino una **base estructurada para el análisis comparativo**.

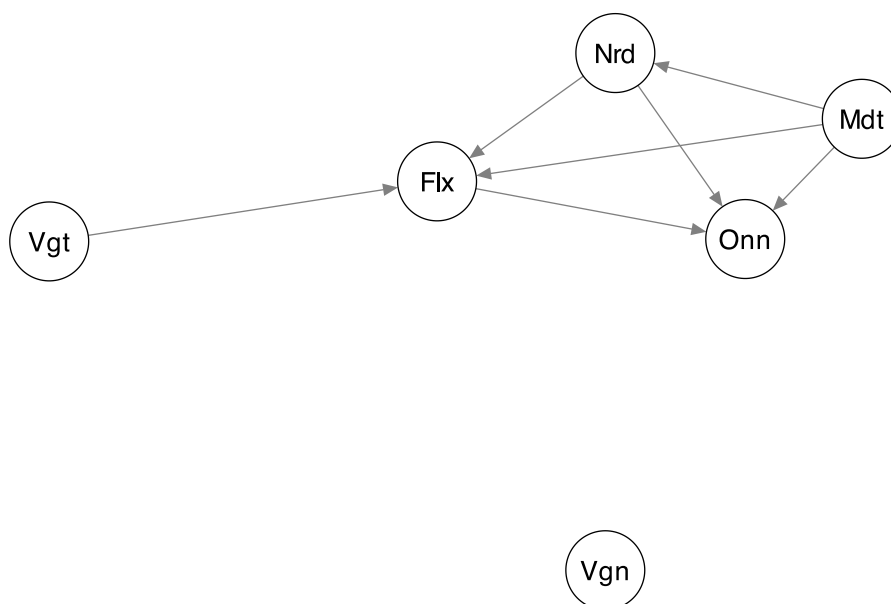
Fuentes

- Adecuación nutricional: <https://veganhealth.org/chronic-disease-and-vegetarian-diets/average-nutrient-intakes/#:~:text=Number%203%2C798%201%2C516%20269%2014%2C446,11%209%2010%2010%208>
- emisiones, consumo hídrico, suelo y costo: <https://www.altroconsumo.it/alimentazione/fare-la-spesa/speciali/diete-a-confronto>
- PREDIMED salud cardiovascular: <https://www.nature.com/articles/s41598-017-06466-8#:~:text=The%20Mediterranean%20Diet%20,29%2C%206%20%2C%20%2042>
- diabetes: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7320015/#:~:text=diabetes%20,vegetarian%20diets%20were%20associated%20with>
- impacto ambiental: <https://www.mdpi.com/1660-4601/20/5/3797#:~:text=the%20same%20macronutrient%20rates%20and,consistent%20impact%20on%20the%20environmental>

Appendix electre si se quiere seguir el paso a paso

```
sal_E <- multicriterio.metodoELECTRE_I(
  tb_dietas,
  pesos.criterios = pesos,
  nivel.concordancia.minimo.alpha = 0.5,
  no.se.compensan = veto_norm_soft,
  que.alternativas = TRUE
)
```

```
qgraph::qgraph(sal_E$relacion.dominante)
```

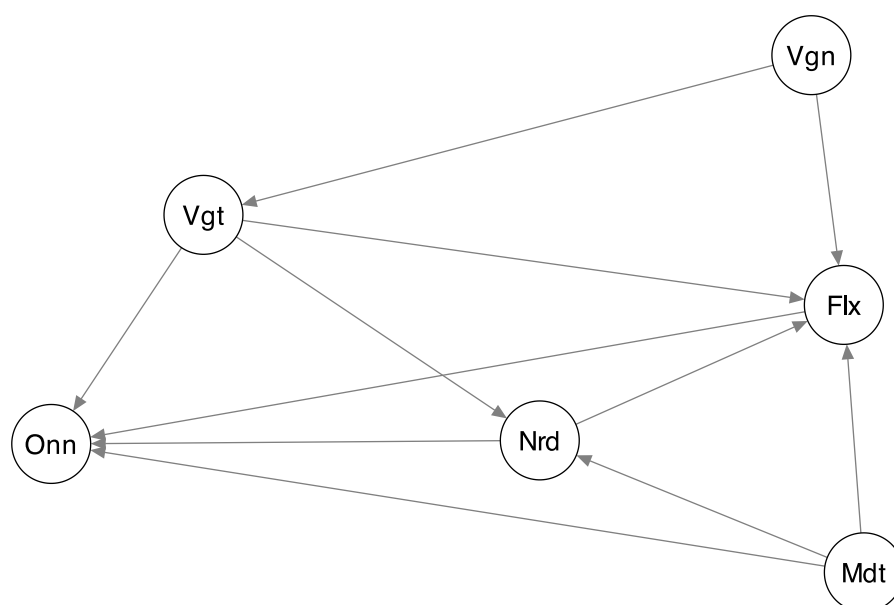


```
sal_E$nucleo_aprox
```

Vegetariana	Vegana	Mediterranea
2	3	4

```
sal_E <- multicriterio.metodoELECTRE_I(  
  tb_dietas,  
  pesos.criterios = pesos,  
  nivel.concordancia.minimo.alpha = 0.7,  
  no.se.compensan = c(0.4, 0.35, Inf, Inf, Inf, 0.9, Inf, Inf),  
  que.alternativas = TRUE  
)
```

```
qgraph::qgraph(sal_E$relacion.dominante)
```



```
sal_E$nucleo_aprox
```

Vegana	Mediterranea
3	4

En la carpeta son incluidos tambien los files png sup_dietas.png, disc_dietas.png y conc_dietas.png del primero passo del metodo Electre