

IES Fray Juan de Zumarraga-Durango BHI



**2025 INKESTEN ETA
ESPERIMENTUEN HABIA
LEHIAKETA**

DIETA SORTZAILE AUTOMATIKOA

Egileak:

**Maider Egiraun Garamendi
Saioa Garrido Garamendi
Ixone Sesma Bengoa**

Tutorea:

Unai Mendiguren

2025eko apirilean

Laburpena

Gizartean dietarekiko kezkak garrantzi handiagoa hartu du azken mendean. Osasun eta ongizateari buruzko ezagutza hedatzen joan den heinean, gure elikadura-habitoei buruz hausnartzen hasi gara.

Horrela, argaldu, loditu edo osasuntsu sentitu nahi dugulako Interneteko mundu zabalean murgiltzen gara dieta perfektuaren bila. Nolanahi ere, gure beharrak guztiz asetzen ez dituzten plangintza itxiekin topatzen gara. Dieta gure gustukoa ez delako, oso garestia delako, alergiak kontuan hartzen ez dituelako edo ezin ditugulako elikagaiak eskuratu, beti dago eragozpenen bat.

Honen aurrean... posible izango litzateke erabiltzaile arrunt baten eskakizunei egokitutako dietak automatikoki diseinatuko duen baliabidea sortzea? Hain zuzen ere, hau izango da *IKERKUNTZA OPERATIBOKO* lan honen helburua. Elikagaien datu-base batetik abiatuta, Programazio Linealean oinarritutako problema anbiziotsua aztertuko da R programa informatikoaren bidez.

Hitz gakoak: Dietak, Elikagaiak, Programazio Lineala, Dietaren Problema, Optimizazioa, R programazio-lengoaia.

Abstract

In society, the concern for diet has gained more importance in the last century. As knowledge of health and well-being has been spreading, we have begun to reflect on our food habitats.

This way, whether it is because we want to lose weight, gain weight or feel healthy, we dive into the vast world of the internet searching for the perfect diet. In any case, we come across invariable plans that do not fully meet our needs. Because the diet is not to our liking, because it's very expensive, because it does not take allergies into account, or because we do not have access to all food, there is always an inconvenience.

Facing this, would it be possible to create a resource that automatically designs a diet adapted to the requirements of an average user? That in fact will be the purpose of this *OPERATIONAL INVESTIGATION*. Based on a food database, the problem based on the ambitious Linear Programming will be analysed through the R software

Keywords: Diets, Food, Linear Programming, Diet Problem, Optimization, R programming-language.

Aurkibidea

1. Marko teorikoa	2
1.1 Dietak eta nutrienteak	2
1.2 Programazio Lineala eta Dietaren Problema	2
1.3 Programazio Osoa	4
1.4 R programazio-lengoaia	4
2. Datu-bilketa	6
2.1 Elikagaiak eta plateren datu-basea	6
2.2 Datu-basearen analisi estatistikoa	9
3. Dietaren Problemaren egokitzapena	11
3.1 Mugak eta zorrotasuna	11
3.2 Implementazioa R programan	12
4. Gure ekoizpena	15
4.1 Adibidea erabiltzaile baten eskakizunarekin	15
4.2 Erabiltzaile ezberdinen emaitzak	17
4.3 Ondorioak	18
4. Bibliografia	19

Taulak

Taula 1: Makronutriente gramo baten balio energetikoak	2
Taula 2: Programazio Linealaren enuntziatu estandarra	2
Taula 3: Bi pentsu-moten bitamina ekarpena	3
Taula 4: Laranjaren informazio nutrizionala	6
Taula 5: Tostadak olioarekin plateraren informazio nutrizionala	6
Taula 6: Lan honetan baliatutako elikagaien eta plateren datu-basea	7-8
Taula 7: Erabiltzaile ezberdinekin lortutako zorrotasun-minimoak	17

Irudiak

Irudia 1: Dietaren problemaren ebazpen grafikoa	3
Irudia 2: Programazio Osoaren soluzioen multzoa (finitua)	4
Irudia 3: Baseriko abereak elikatzeke buruketaren ebazpena (Programazio Osoan)	5
Irudia 4: Balio energetikoaren kutxa-diagrama familiaka	9
Irudia 5: Balio energetikoaren histograma	9
Irudia 6: Makronutrienteen aportazioa familiaka kutxa-diagramen bitartez	9
Irudia 7: Elikagaien/plateren makronutrienteen konposizioa (100 gramoko)	9

1. Marko teorikoa

1.1 Dietak eta nutrienteak

Dieta izaki bizidunen nutrizio-portaera osatzen duten elikagai multzoa da. Giza elikaduraren kasuan, dietak oso anitzak dira faktore kulturalen, indibidualen, ingurumenekoen, ekonomikoen, familiarren eta elikagaien eskuragarritasunaren arabera baitaude. Elikadura egokia norberaren behar nutrizionalak asetzen dituen da, bide batez osasun optimoa ziurtatuz.

Elikagaiak hainbat nutriente motaz osatuta daude: batetik, karbohidratoak, proteinak eta koipeak, *MAKRONUTRIENTEAK* deitzen direnak; eta, bestetik, bitaminak eta mineralak, *MIKRONUTRIENTEAK*, alegia. Biak gure organismoarentzat ezinbestekoak diren arren, soilik makronutrientetan zentratuko gara.

Dieten diseinuari begira, kontuan hartuko dugu baita ere eskaintzaren balio energetikoa. Honako hauek dira makronutriente bakoitzaren gramo batek ekartzen duten balio energetikoak:

Makronutrientea (1 g)	Balio energetikoa
Karbohidratoak	4 Kcal
Koipeak	9 Kcal
Proteinak	4 Kcal
Alkohola ¹	7 Kcal
Ura	0 Kcal

Taula 1: Makronutriente gramo baten balio energetikoak

1.2 Programazio Lineala eta Dietaren Problema

Programazio lineala funtzio lineal bat, helburu funtzioa deritzona eta haren aldagaiak murrizketen mende daudenak, maximizatzeko edo minimizatzeko (optimizatzeko) programazio matematikoren eremua da.

Programazio linealaren enuntziatu estandarra, honako hau da:

$x_1, x_2, \dots, x_n$ aldagaiak izanik,	Aldagaiak
minimizatu $z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$ non:	Helburu-funtzioa (lineala)
$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$	
$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2$	
$\vdots$	
$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m$	Murriztapen-multzoa (lineala)
$x_k \geq 0 \quad k = 1, 2, \dots, n$ izanik	Aldagaien positibotasuna

Taula 2: Programazio Linealaren enuntziatu estandarra

¹ Zenbait sailkapenetan alkohola laugarren makronutrientetzat hartzen da, energia ematen baitio gorputzari, baina bizitzeko beharrezkoa ez denez, eta gorputzari onik egiten ez dionez, sailkapenetik kanpo geratzen da gehienetan.

z helburu-funtzioa minimizatu beharrean, maximizatu ere egin daiteke, eta murriztapen-multzoko inekuazioetan “ $\leq$ ” ikurra beharrean, “ $\geq$ ” edo “ $=$ ” ikurrak ere jar daitezke.

Lan hau Dietaren Problema (*DIET PROBLEM*) izeneko problema klasikotik abiatzen da, non nutriente jakin batzuk dituzten elikagai jakin batzuk hartuta, pertsona/animalia baten elikadura-premiak asetzeko modurik merkeena aurkitzean datza. Hona hemen adibide bat.

Baserri bateko abereak egunero elikatu behar dira osasuntsu egoteko bitamina guztiak bermatuz (A-bitamina 2 mg gutxienez; B-bitamina 60 mg gutxienez; eta C-bitamina 40 mg gutxienez). P eta Q pentsuek honako bitamina-konposizioa dute:

	A-bitamina	B-bitamina	C-bitamina
P pentsua (1 kg)	1 mg	20 mg	10 mg
Q pentsua (1 kg)	0,5 mg	20 mg	20 mg

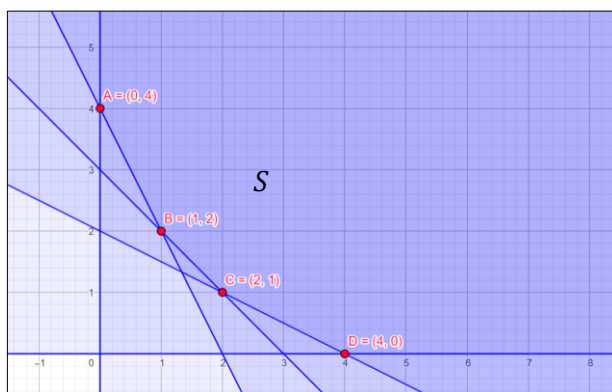
Taula 3: Bi pentsu-moten bitamina ekarpena

P pentsuak 40 €/kg eta Q pentsuak 60 €/kg balio duela jakinda, zein da bi pentsu-mota horiek konbinatuta abereak elikatzeko modurik merkeena?

Problema hau programazio linealeko enuntziatu estandarrean honela idatz daiteke:

$$\begin{aligned}
 & x_P, x_Q \text{ aldagaiak} \\
 & \min z = 40x_P + 60x_Q \quad \text{non:} \\
 & 1x_P + 0.5x_Q \geq 2 \quad (\text{A - bitamina bermatu}) \\
 & 20x_P + 20x_Q \geq 60 \quad (\text{B - bitamina bermatu}) \\
 & 10x_P + 20x_Q \geq 40 \quad (\text{C - bitamina bermatu}) \\
 & x_P, x_Q \geq 0
 \end{aligned}$$

Planoan ebazten badugu:



Irudia 1: Dietaren Problema ebatziaren grafikoa

A puntuan: $f(0,4) = 240$ €

B puntuan: $f(1,2) = 160$ €

C puntuan: $f(2,1) = 140$ €

D puntuan: $f(4,0) = 160$ €

Beraz, modurik merkeena 2 kg P pentsu eta 1 kg Q pentsu nahastuz lortzen da, eta 140 € ordaindu beharko lirateke.

S izeneko eskualde egingarriko puntu denek esleitutako baldintzak beteko dituzte, baina haien artean helburu funtzioa optimizatuko dutenak soilik erpinak izango dira, kasu honetan “A”, “B”, “C” eta “D” puntuak.

Guk problema hau hedatuko dugu, eta, bi pentsu-mota hartu beharrean, elikagai eta plateren datu base andana hartuko dugu. Helburu funtzioa prezioaren/egokitasunaren aldagaiekin osatu dugu eta gure gakoa funtzio hori minimizatzea (prezioa)/maximizatzea (egokitasuna) izango da. Bestetik, ezarri ditugun murrizketak kaloria kopurua, makronutrientek (KH, PR eta KO) eta elikagai-familiak dira. Honi buruz, sakonago arituko gara hurrengo ataletan.

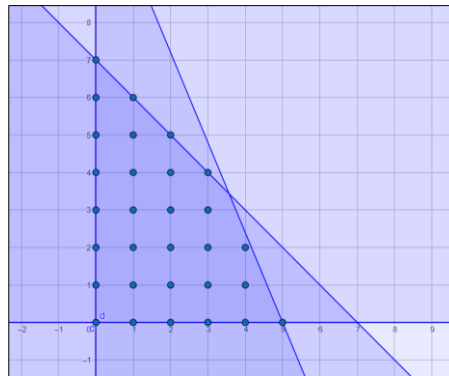
1.3 Programazio Osoa

Programazio Lineal Osoa aldagai batzuk (edo guztiak) balio osoak hartzera baldintzatutako problemak lantzen dituen programazio linealeko adarra da.

Gure problemen elikagai/plater baten errazio-kopuru osoak eskaini nahi ditugu. Esate baterako, jogurt bat edo bi jogurt eskainiko ditugu, baina es 3,1415 jogurt.

Beraz, Programazio Linealeko gure enuntziatuan eskatu beharko diegu aldagaiei balio osoak har ditzaten.

$$x_1, x_2, \dots, x_n \in \mathbb{Z}$$



Irudia 2: Programazio Osoan soluzioen multzoa (finitua)

Soluzioen multzoan puntu kopuru finitua egongo da, eta, ondorioz, puntu guztiak kalkula daitezke eta horietako bakoitzean helburu-funtzioaren balioa aztertu, optimoa aurkitzeko. Baina, metodo hori ez da eraginkorra aldagai asko dituzten problematan, soluzioen multzoan egon daitekeen puntu kopuruagatik.

Problema osoaren soluzio optimoa kalkulatzeko askoz ere konplikatuagoa da, eta askoz ere kalkulu gehiago egin behar dira, nahiz eta soluzio kopurua txikiagoa izan. Gu ordenagailuarekin lagunduko gara honen moduko problemak ebazteko.

1.4 R programazio-lengoaia

Gure problemak elikagai/plater adina aldagai izango ditu, eta, beraz, ezinezkoa izango zaigu metodo grafikoa erabiltzea problema ebazteko.

Badago *SIMPLEX* izeneko algoritmo bat, Programazio Linealeko problemak ebazten dituen, eta gu algoritmo hori baliatuko dugu R programazio-lengoiaren bidez, software libreko ingurunea dena.

Dietaren problema ebazteko `lpSolve` liburutegiko `lp(...)` funtzioa erabiliko dugu, zeinak Programazio Osoan lan egitea ahalbidetzen duen. Funtzio horrek honako argumentu hauek jasoko ditu:

- `direction=`: Helburua zein den, “max” edo “min” idatziko dugu.
- `objective.in=`: Helburu-funtzioaren koefizienteak dituen bektorea idatziko dugu hemen.
- `const.mat=`: Inekuazio baldintzen ezkerreko koefizienteen matrizea idatziko dugu hemen, desberdinu gabe zeintzuk diren “ $\leq$ ”, “ $\geq$ ” eta “ $=$ ” modukoak.
- `const.dir=`: Inekuazioen norabideekin osaturiko bektorea idatziko dugu hemen.
- `const.rhs=`: Inekuazio baldintzen eskumako koefizienteen bektorea idatziko dugu.
- `int.vec=`: Osoak izan behar duten aldagaien zerrenda duen bektorea idatziko dugu.
- `all.int=`: TRUE aldagai guztiak osoak badira eta FALSE osoak ez badira.

1.2 ataleko baserriko abereak elikatzeke adibidea honelaxe ebatziko genuke R-ren bitartez.

$$\begin{array}{ll}
 x_P, x_Q \text{ aldagaiak} & \\
 \min z = 40x_P + 60x_Q \text{ non:} & \begin{array}{l} \text{direction} = \text{"min"} \\ \text{objective.in} = (40, 60) \\ \text{const.mat} = \begin{pmatrix} 1 & 0.5 \\ 20 & 20 \\ 10 & 20 \end{pmatrix} \\ \text{const.dir} = (\geq, \geq, \geq) \\ \text{const.rhs} = (2, 60, 40) \\ \text{int.vec} = (1, 2) \\ \text{all.int} = \text{TRUE} \end{array} \\
 \begin{array}{l} 1x_P + 0.5x_Q \geq 2 \text{ (A – bitamina bermatu)} \\ 20x_P + 20x_Q \geq 60 \text{ (B – bitamina bermatu)} \\ 10x_P + 20x_Q \geq 40 \text{ (C – bitamina bermatu)} \end{array} \Rightarrow & \\
 \begin{array}{l} x_P, x_Q \geq 0 \\ x_P, x_Q \in \mathbb{Z} \end{array} &
 \end{array}$$

Defini ditzagun argumentuak lehendabizi gero funtzioaren argumentuetan sartzeko.

```

> library(lpSolve)
> a<-c(40, 60)
> A<-matrix(c(1, 0.5, 20, 20, 10, 20), nrow=3, ncol=2, byrow=TRUE)
> nor<-c(">=", ">=", ">=")
> b<-c(2, 60, 40)
> osoak<-c(1, 2)
> lp(direction="min", objective.in=a, const.mat=A, const.dir=nor, const.rhs=b, int.vec=osoak, all.int=TRUE)
Success: the objective function is 140

```

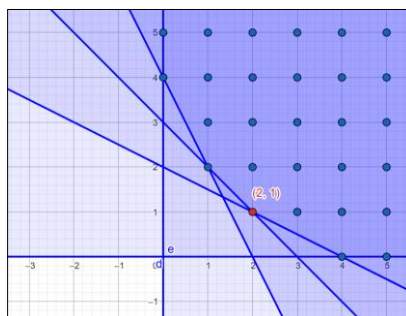
Eta, ikusten dugunez, funtzioak adierazten digu helburu-funtzioaren balio minimoa $z = 140$ dela. Halaber, `lp(...)` funtzioari `$solution` eskumatik erantsita, soluzioa ikus daiteke.

```

> lp(direction="min", objective.in=a, const.mat=A, const.dir=nor, const.rhs=b,
+ int.vec=osoak, all.int=TRUE)$solution
[1] 2 1

```

Eta erantzunak adierazten digu $(x_P, x_Q) = (2, 1)$ puntuan lortzen dela minimoa.



Irudia 3: Baserriko abereak elikatzeke buruketaren ebazpena (Programazio Osoan)

2. Datu-bilketa

2.1 Elikagaiak eta plateren datu-basea

Lan honetan erabiltzaile arrunt baten eskakizun bati gosarirako proposamen bat emango zaio, bere eskaera ahalik eta zehatzen doitzen duena eta jakien prezioa/egokitasuna (aukeran) optimizatzen duena.

Horretarako, elikagaien eta plateren datu-basea eraiki dugu helburu-funtzioaren aldagaien murrizketak jasoz. [“Elikagaien Konposizioari buruzko Espainiako Datu-Basea”](#)-tik [1] eta [“Características nutricionales de los principales alimentos de nuestra dieta”](#)-tik [2] hartu dugu informazioa. Egokitasunaren balioak gure irizpide pertsonalen arabera zehaztu ditugu.

Bestalde, gizakion dietaren berezitasunak baldintzatuta hainbat faktore kontuan hartu behar izan ditugu:

- Gehiegikeriak: Programak antzeko elikagai askorik ez eskaintzeko (adibidez, 3 litro esne edo 5 sagar), datu-baseko elikagai zein platerak familietan bildu ditugu, gero familia bereko errazio-kopurua murrizteko. Adibidez, “esnekiak” edo “arrautzak” familiak.
- Zentzugabekeriak: 1.3. atalean zehaztuta dagoen bezala, zenbaki arrotzak ekiditeko (adibidez, 2,718 arrautza edo 10/3 yogur), elikagaiak errazioka emango ditugu. Guk geuk finkatu dugu elikagai bakoitzaren errazio bati dagokion kopurua (adibidez, sagarra 180 gramo eta intxaurrak 30 gramo).
- Platerak: Elikagai batzuk batera hartzen direnean baino ez dute zentzurik hartzen. Adibidez, gurina ezin da eskaini oinarria egingo dion zerbait eskaini ezean (gailetak, ogia...). Hori dela eta, beste elikagai batzuen menpekotasuna duten jakiekin platerak sortu ditugu, denak batera eskaini daitezzen.
- Errezetak: Platerak agertzekotan, haien gutxi gorabeherako konposizioa zehaztu dugu.
- Eligaien eskuragarritasuna (prezioa eta kokapen geografikoa): Elikagai eta plater exotikoak edo oso garestiak saihestu ditugu.
- Ohiturak: Gosarietan gure kulturaren ohikoak diren elikagai eta platerak sartu ditugu.

Hona hemen elikagai eta plater baten adibidea.

	Errazioa	Kcal (100 gr)	KH (100 gr)	PR (100 gr)	KO (100 gr)
Laranja	175 gr	38 Kcal	8.6 gr	0.8 gr	0.0 gr

Taula 4: Laranjaren informazio nutrizionala

	Errazioa	Kcal (errazio)	KH (errazio)	PR (errazio)	KO (errazio)
Tostadak olioarekin	35 gr ogi zuri + 10 gr oliba-olio	183 Kcal	19,6 gr	2,8 gr	10,4 gr

Taula 5: Tostadak olioarekin plateraren informazio nutrizionala

Plateren informazio nutrizionala kalkulatzeko, platera osatzen duten elikagaien informaziotik abiatu gara, elikagai bakoitzari esleitu diogun proportzioan kopuruak hartuz. Plateren konposizioak aldatuz, askoz ere datu-base handiagoa lor liteke eta emaitzak asko hobetu.

Hona hemen lan honetan erabili den datu-basea, 51 elikagai eta plater dituen.

Jakiaren izena	Familia	Osagaiak (plateretan)	Errazioaren unitatea	Errazioaren pisua (gr.)	Kaloriak 100 gramoko (Kcal.)	Karbono-hidrataok 100 gramoko (gr.)	Proteinak 100 gramoko (gr.)	Koipeak 100 gramoko (gr.)	Kaloriak erraziozko (Kcal.)	Karbono-hidrataok erraziozko (gr.)	Proteinak erraziozko (gr.)	Koipeak erraziozko (gr.)	Kontrol/Zutabea	Kontrol/Zutabea 2	Prezioa erraziozko (€)	Saltokia	Egokitasuna
Oilo-arrautza eskalfatua	Arrautzak		Bi ale	120	147	0,30	12,60	10,60	176	0,36	15,12	12,72	147	0	0,41	Froski	6
Oilo-arrautza frijitua	Arrautzak		Bi ale	70	185	0,30	13,40	14,60	130	0,21	9,38	10,22	186	-1	0,21	Froski	4
Oilo-arrautza egosia	Arrautzak		Bi ale	120	145	0,30	12,50	10,50	174	0,36	15,00	12,60	146	-1	0,41	Froski	8
Oilo-arrautza gurinarekin nabasia	Arrautzak	1 eta koilarakada (10g) gurin	Ale bat	90	229	0,80	10,20	20,70	206	0,72	9,18	18,63	230	-1	0,3	Froski	9
Tortilla frantsesa (2 arrautzekoa)	Arrautzak		Ale bat	130	170	0,40	14,60	12,30	221	0,52	18,98	15,99	171	-1	0,41	Froski	8
Esnea (koipebakoa)	Edangarri lakteak		Edalontzi bete	250	34	4,60	3,30	0,20	85	11,50	8,25	0,50	33	1	0,27	El Corte Inglés , Asturiana, 1,09 €/l	8
Txokolate batidoa	Edangarri lakteak		Edalontzi bete	200	83	9,80	2,70	3,60	166	19,60	5,40	7,20	82	1	0,24	Eroski , Batido de Cacao Eroski, 1,2€/L	9
Marrubi batidoa	Edangarri lakteak		Edalontzi bete	200	66	11,20	2,80	1,00	132	22,40	5,60	2,00	65	1	0,24	Froski , Batido de fresa EROSKI, 1,2€/L	4
Soja edangarria	Edangarri lakteak		Edalontzi bete	250	53	5,76	3,20	1,84	133	14,40	8,00	4,60	52	1	0,21	Froski , Bebida de soja EROSKI, 0,84€/L	5
Yogur edangarri naturala	Edangarri lakteak		Edalontzi bete	125	70	12,30	3,00	0,30	88	15,38	3,75	0,38	64	6	0,36	Froski , Yogur líquido natural EROSKI, 1,45€/L	6
Esnea (erdigaingabetua) cola caoarekin	Edangarri lakteak	205 gr esne + 15 gr ColaCao	Edalontzi bete	220	65	9,09	3,23	1,64	143	20,00	7,10	3,60	64	1	0,36	Eroski , Leche semidesnatada del País Vasco EROSKI, 0,95€/L; Froski , Cacao soluble original COLA CAO, 11,46€/Kg	10
Proteina batidoa	Edangarri lakteak		Edalontzi bat	350	65	5,14	10,29	0,29	228	17,99	36,02	1,02	64	1	1,45	Eroski , Batido proteínas de vainilla EROSKI, 4,39€/Kg	9
Gatzahua	Esnekia		Potetxo bat	125	94	6,70	4,80	5,30	118	8,38	6,00	6,63	94	0	0,3	Froski , Cuajada natural EROSKI, 2,4€/Kg	3
Flan-a	Esnekia		Potetxo bat	110	127	21,60	4,90	2,30	140	23,76	5,39	2,53	127	0	0,75	Froski , Flan de huevo original DHUL, 6,92€/Kg	2
Natillak	Esnekia		Potetxo bat	115	120	16,80	3,80	4,20	138	19,32	4,37	4,83	120	0	0,5	Froski , Natillas de vainilla LA LECHERA, 4,35€/Kg	3
Ahuntz gazta datilekin eta intxaurrekin	Esnekia	20gr datil + 30gr ahuntz gazta + 30gr intxaurrekin	Errazio bat	80	443	23,89	14,83	34,85	359	19,35	12,01	28,23	469	-2,5	1,04	Eroski , Dátil sin hueso EROSKI, 8,44€/Kg; Froski , Queso rulo de cabra EROSKI, 16,07€/Kg; Froski , Nuez sin cáscara EROSKI, 12,86€/Kg	10
Kefir	Esnekia		Potetxo bat	150	64	4,80	3,30	3,50	96	7,20	4,95	5,25	64	0	0,99	Froski , Kéfir natural NESTLÉ, 6,6€/Kg	8
Yogur grekoa marrubiekin	Esnekia	125gr yogur greko + 4 marrubi ertain (13gr bakoitza gutxi gora-behera)	Errazio bat	177	109	5,87	4,72	7,35	192	10,39	8,36	13,01	109	0	4,81	Froski , Fresa, 8,76€/Kg; Froski , Griego natural EROSKI, 2,08€/Kg	10
Gaztai freskoa membrilloarekin	Esnekia	40gr membrillo +30gr gaztai fresko	Errazio bat	70	269	34,38	10,31	9,54	188	24,07	7,22	6,68	265	4	0,58	Froski , Dulce de membrillo EROSKI basic, 3,55€/Kg; Froski , Queso fresco natural BURGO DE ARIAS, pack 3x72 g, 14,17€/Kg	9
Almendra gordina	Fruitu lehorrak		Eskukada bat	30	589	14,50	19,10	45,20	177	4,35	5,73	13,56	541	48	0,37	Froski	3
Hurrak	Fruitu lehorrak		Eskukada bat	30	656	18,70	12,00	56,30	197	5,61	3,60	16,89	630	27	0,55	Froski	3
Kakahueste frijitua gazia	Fruitu lehorrak		Eskukada bat	30	592	17,30	26,80	50,30	178	5,19	8,04	15,09	629	-37	0,23	Froski	2
Intxaurrak	Fruitu lehorrak		Eskukada bat	30	595	8,50	14,00	63,30	179	2,55	4,20	18,99	660	-65	0,69	Froski	8
Sagarra	Frutak		Ale bat	180	50	12,00	0,30	0,00	90	21,60	0,54	0,00	49	1	0,49	Frutas Eloy , 0,49 €/pieza	6

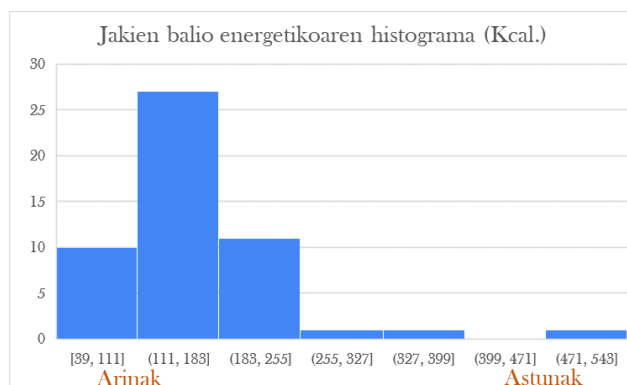
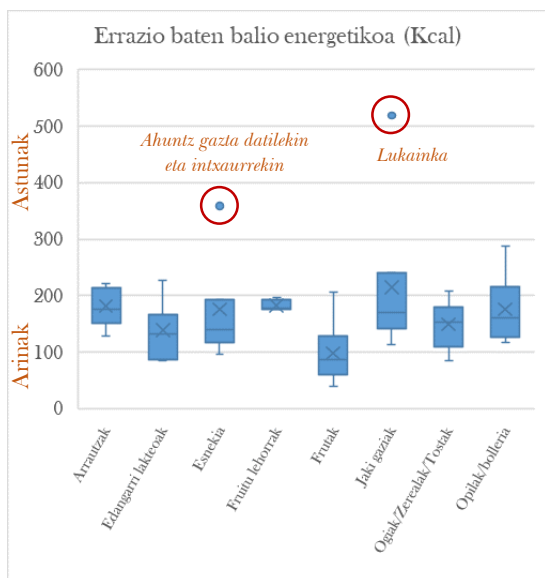
Kiwi	Frutak		Ale bat	75	52	10,60	1,10	0,50	39	7,95	0,83	0,38	51	1	0,33	Eroski , Kiwi Zespri Green al peso, 4,4€/Kg	9
Laranja	Frutak		Ale bat	175	38	8,60	0,80	0,00	67	15,05	1,40	0,00	38	0	0,41	Eroski , Naranja para postre TORRES, 2,35€/Kg	10
Laranja zukua	Frutak		Edalontzi bete	250	41	9,00	0,70	0,20	103	22,50	1,75	0,50	41	0	0,47	Eroski , Zumo natural de naranja con pulpa EROSKI, 1,9€/L	10
Platanoa	Frutak		Ale bat	90	94	20,00	1,20	0,30	85	18,00	1,08	0,27	88	7	0,27	Eroski , Plátano de Canarias EROSKI NATUR, 2,99€/Kg	8
Mangoa	Frutak		Ale bat	350	59	13,40	0,60	0,20	207	46,90	2,10	0,70	58	1	0,92	Eroski , Mango, 2 uds., bandeja 625 g, 2,94€/Kg	10
Urdailazpikoa parrilan keztatua	Jaki gaziak		3 xerra	60	292	0,00	23,40	22,10	175	0,00	14,04	13,26	293	-1	0,56	Eroski	9
Butifarra	Jaki gaziak		Errazio bat	100	241	5,10	10,00	20,00	241	5,10	10,00	20,00	240	1	0,96	Eroski	5
Fuet	Jaki gaziak		5 xerra	30	475	5,50	19,50	42,00	143	1,65	5,85	12,60	478	-3	0,41	Eroski	1
Pernil egosia	Jaki gaziak		5 xerra	100	114	0,40	21,00	3,00	114	0,40	21,00	3,00	113	1	1,18	Eroski	9
Lakoia	Jaki gaziak		4 xerra	80	214	9,90	19,10	10,80	171	7,92	15,28	8,64	213	1	0,95	Eroski	1
Lukainka	Jaki gaziak		Errazio bat	150	346	0,00	25,00	27,50	519	0,00	37,50	41,25	348	-2	0,82	Eroski	1
Frankfurt salxitra	Jaki gaziak		Errazio bat	50	288	1,30	12,70	26,00	144	0,65	6,35	13,00	290	-2	0,13	Eroski	5
Gari eta txokolatego barrita	Ogiak/Zerealak/Tostak		Ale bat	22,5	437	66,60	8,30	14,80	98	14,99	1,87	3,33	433	4	0,5	Eroski , Barrita de chocolate con leche NESTLÉ FITNESS DELICE, 22,15€/kg	9
Tostadak gurina eta marrubi mermeladarekin	Ogiak/Zerealak/Tostak	30gr ogi zuri + 8gr gurin + 12gr mermelada	Errazio bat	50	291	41,80	5,00	11,20	145	20,90	2,50	5,60	288	3	0,21	Eroski , Pan de molde con corteza EROSKI basic, 1,52€/kg; Eroski , Mantequilla ASTURIANA, 14,76€/kg; Eroski , Mermelada de fresa EROSKI basic, 3,88€/kg	9
Gari zerealak	Ogiak/Zerealak/Tostak		Errazio bat	40	381	80,80	6,00	3,00	152	32,32	2,40	1,20	374	7	0,35	Eroski , Cereales SPECIAL K, 6,99€/kg	5
Gari eta txokolatego zerealak	Ogiak/Zerealak/Tostak		Errazio bat	40	385	81,00	8,00	2,50	154	32,40	3,20	1,00	379	7	0,42	Eroski , Cereal de chocolate negro NESTLÉ Fitness, 10,53€/kg	10
Tostadak olioarekin	Ogiak/Zerealak/Tostak	35 gr ogi zuri + 10 gr oliba-olio	Errazio bat	45	407	43,56	6,22	23,11	183	19,60	2,80	10,40	407	0	0,17	Eroski , Pan de molde Eroski Basic, 1,52 €/kg; Eroski , Aceite Carbonell, 11,32 €/l	9
Tostadak txokolate eta hur kremarekin	Ogiak/Zerealak/Tostak	35gr ogi zuri + 15gr txokolate eta hur crema	Errazio bat	50	338	48,80	6,80	12,40	169	24,40	3,40	6,20	334	4	0,11	Eroski , Pan de molde Eroski Basic, 1,52 €/kg; Eroski , Crema cacao, 4,08€/kg	10
Digestibe galleta txokolategarekin	Ogiak/Zerealak/Tostak		Hiru galleta	40,5	513	66,50	6,80	24,10	208	26,93	2,75	9,76	510	3	0,51	Eroski , Galleta Digestive de chocolate sin azúcares ZERO, 12,93€/kg	9
Frutadun barrita	Ogiak/Zerealak/Tostak		Ale bat	21,5	395	78,00	8,00	5,00	85	16,77	1,72	1,08	389	6	0,31	Eroski , Barritas cereales con frutos rojos EROSKI, 14,65€/kg	2
Croissanta	Opilak/bolleria		Ale bat	31	408	55,00	7,50	17,20	126	17,05	2,33	5,33	405	3	0,13	Eroski , Croissant Eroski Basic, 4,30€/kg	8
Txokolatego croissanta	Opilak/bolleria		Ale bat	45	481	79,10	5,60	15,20	216	35,60	2,52	6,84	476	5	0,22	Eroski , Croissant relleno de chocolate EROSKI, 4,92€/kg	2
Madalena	Opilak/bolleria		Ale bat	34	387	39,90	6,10	22,40	132	13,57	2,07	7,62	386	1	0,12	Eroski , Magdalena redonda EROSKI BASIC. 3,49€/kg	7
Bizkotxo	Opilak/bolleria		Errazio bat	50	383	39,60	6,50	21,90	192	19,80	3,25	10,95	382	2	0,29	Eroski , Bizcocho de yogur EROSKI, 5,83€/kg	8
Palmerak	Opilak/bolleria		Bi ale	22	536	61,00	5,00	30,00	118	13,42	1,10	6,60	534	2	0,19	Eroski , Palmeras DULCESOL, 8,83€/kg	1
Txurroak	Opilak/bolleria		Errazio bat	80	360	40,00	4,60	20,00	288	32,00	3,68	16,00	358	2	0,24	Eroski , Churros de lazo EROSKI, 3,00€/kg	1
Txokolate baltza almindrekin	Opilak/bolleria		Errazio bat	30	535	41,50	8,20	37,40	161	12,45	2,46	11,22	535	0	0,3	Eroski , Chocolate negro con almendras EROSKI, 10€/kg	4

Taula 6: Lan honetan baliatutako elikagaien eta plateren datu-basea

2.2 Datu-basearen analisi estatistikoa

Atal honetan datu-basearen analisi estatistikoa egingo dugu, jakin dezagun nolakoak diren esku artean ditugun jakiak.

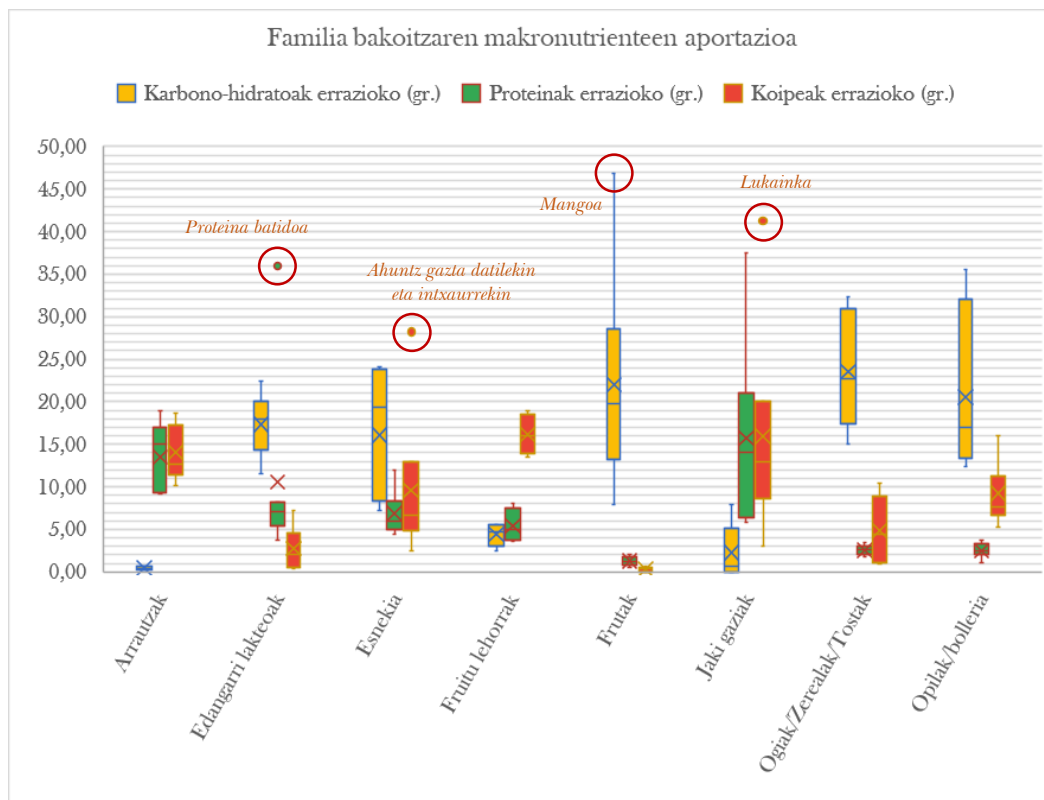
2.2.1 Balio energetikoa (errazio bakoitzeko)



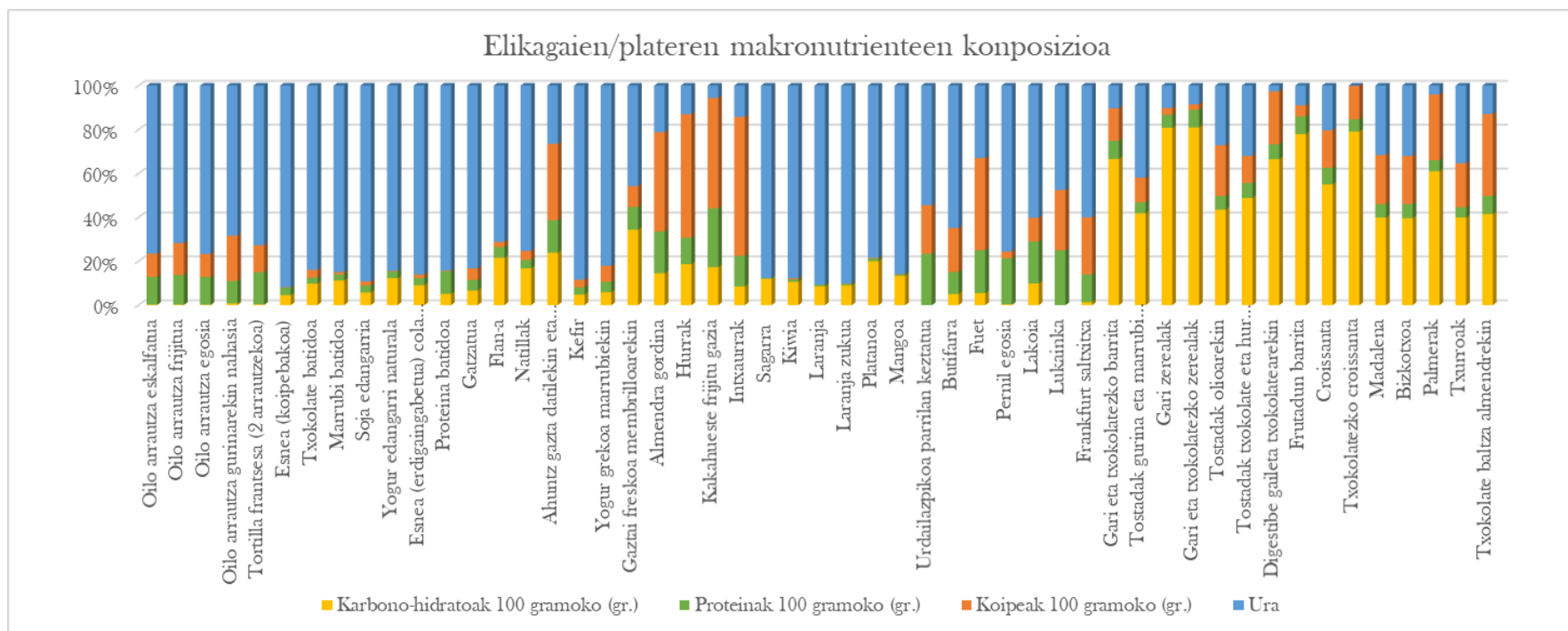
Irudia 5: Balio energetikoaren histograma

Irudia 4: Balio energetikoaren kutxa diagrama familiakoa

2.2.2 Makronutrientek (errazio bakoitzeko eta 100 gramoko)



Irudia 6: Makronutrienteen aportazioa familiakoa kutxa-diagramen bitartez



Irudia 7: Elikagaien/plateren makronutrienten konposizioa (100 gramoko)

Grafiko honetatik ondorio nabari batzuk atera daitezke:

- **ARRAUTZAK** familiako jakietan ez dago apenas karbohidratorik eta proteinetan aberatsak dira.
- **ESNEKIAK** zein **EDANGARRI LAKTEOAK** izeneko familiako elikagai gehienetan oso makronutriente gutxi dago, eta gehienbat urez osatuta daude.
- **FRUTU LEHORRAK** aberatsak dira koipe eta proteinetan eta oso ur gutxi dute. Hala ere, oso kalorikoak dira.
- **FRUTEK** ez dute ez proteinarik ez koiperik aportatzen. Gehien bat urez osatuta daude.
- **JAKI GAZIEK** proteina eta koipea aportatzen dute karbohidratorik aportatu gabe.
- **OGIAK/ZEREALAK/TOSTAK** eta **OPILAK/BOLLERIA** familiako elikagaiek oso aberatsak dira karbohidratoetan, eta koipeak ere nahikotxo aportatzen dute.

3. Dietaren Problemaren egokitzapena

3.1 Mugak eta zorrozatasuna

Atal honetan Dietaren Problemaren gure egokitzapena planteatuko dugu.

Erabiltzailearen eskakizunetik abiatuko gara, makronutrientek eta kaloriak zein balioen inguruan hurbildu behar ditugun jakiteko.

- EKC_{eguna} : Erabiltzaileak egun oso baterako eskatu dituen kaloria-kopurua.
- $EKH_{ehuneko}$: Erabiltzaileak bere dietan nahi duen karbohidratoen ehunekoa.
- $EPR_{ehuneko}$: Erabiltzaileak bere dietan nahi duen proteinen ehunekoa.
- $EKO_{ehuneko}$: Erabiltzaileak bere dietan nahi duen koipeen ehunekoa.

Jakina, beharrezkoa da hirurek %100 osatzea.

$$EKH_{ehuneko} + EPR_{ehuneko} + EKO_{ehuneko} = \%100$$

Guk gosariari eguneko kargaren %25 esleituko diogu. Beraz,

$$EKC_{gosaria} = EKC_{eguna} \cdot \%25$$

Makronutriente bakoitzetik zenbat gramo eskaini behar ditugun jakiteko, hurrengo eragiketa burutu dugu:

$$EKH = \frac{EKC_{gosaria} \cdot EKH_{ehuneko}}{4 \text{ kaloria}}, EPR = \frac{EKC_{gosaria} \cdot EPR_{ehuneko}}{4 \text{ kaloria}}, EKO = \frac{EKC_{gosaria} \cdot EKO_{ehuneko}}{9 \text{ kaloria}}$$

Adibidez, erabiltzaileak honako eskakizun hau egiten badu:

$$EKC_{eguna} = 2000 \text{ Kcal}, \quad EKH_{ehuneko} = \%55, \quad EPR_{ehuneko} = \%20, \quad EKO_{ehuneko} = \%25$$

Orduan, entregatu beharko zaizkio, gutxi gorabehera:

$$EKC_{gosaria} = 500 \text{ Kcal}$$

$$EKH = \frac{500 \cdot \%55}{4 \text{ kaloria}} = 68.75 \text{ gr}, \quad EPR = \frac{500 \cdot \%20}{4 \text{ kaloria}} = 25 \text{ gr}, \quad EKO = \frac{500 \cdot \%25}{9 \text{ kaloria}} = 13.89 \text{ gr}$$

Bestetik, zorrozatasun-maila definituko dugu:

- z: Erabiltzailearen beharrak hurbiltzeko zorrozatasun-parametroa ehunekotan. Zenbateko marjina uzten diogun, alegia.

Elikagai/plater bakoitzaren errazioaren informazio nutrizionala KC_i (kaloria-kopurua), KH_i (karbohidrato-kopurua gramotan), KP_i (proteina-kopurua gramotan) eta KO_i (koipe-kopurua gramotan) aldagaietan jasotzen da.

Azkenik, c_i parametroaren bitartez optimizazio aldagaia definitzen da, dela prezioa (minimizatzeko) dela egokitasuna (maximizatzeko).

Gure hedapena, beraz, Programazio Lineal Osoko honako enuntziatuaren bidez ebatziko dugu:

$$\begin{aligned}
 & x_i \text{ (i. elikagaitik zenbat ale eskainiko diren) aldagaiak} \\
 & \min/\max z = c_1 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2 + \dots + c_n \cdot x_n \text{ non:} \\
 & (1 - z) \cdot EKC_{gosaria} \leq KC_1 \cdot x_1 + KC_2 \cdot x_2 + \dots + KC_n \cdot x_n \leq (1 + z) \cdot EKC_{gosaria} \text{ (kaloriak)} \\
 & (1 - z) \cdot EKH \leq KH_1 \cdot x_1 + KH_2 \cdot x_2 + \dots + KH_n \cdot x_n \leq (1 + z) \cdot EKH \text{ (karbohidratoak)} \\
 & (1 - z) \cdot EPR \leq PR_1 \cdot x_1 + PR_2 \cdot x_2 + \dots + PR_n \cdot x_n \leq (1 + z) \cdot EPR \text{ (proteinak)} \\
 & (1 - z) \cdot EKO \leq KO_1 \cdot x_1 + KO_2 \cdot x_2 + \dots + KO_n \cdot x_n \leq (1 + z) \cdot EKO \text{ (koipeak)} \\
 & x_1 + x_2 + \dots + x_k = 1 \text{ (lehenengo familia)} \\
 & x_{k+1} + x_{k+2} + \dots + x_l = 1 \text{ (bigarren familia)} \\
 & \dots \\
 & x_{m+1} + x_{m+2} + \dots + x_n = 1 \text{ (azken familia)} \\
 & x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0 \\
 & x_1, x_2, \dots, x_n \in \mathbb{Z}
 \end{aligned}$$

3.2 Implementazioa R programan

Problema hau R-ren bidez ebazteko, funtzio bat sortu dugu honako argumento hauek jasotzen dituen:

Gosaria(KaloriakEgunean, KHehunekotan, PRehunekotan, KOehunekotan, z, opt)

non argumentu bakoitzak adierazten duen:

- **KaloriakEgunean=:** Erabiltzailearen kaloria-kopurua egunean (EKC_{eguna}).
- **KHehunekotan=:** Erabiltzailearen karbohidratoen ehunekoa ($EKH_{ehuneko}$).
- **PRehunekotan=:** Erabiltzailearen proteinen ehunekoa ($EPR_{ehuneko}$).
- **KOehunekotan=:** Erabiltzailearen koipeen ehunekoa ($EKO_{ehuneko}$).
- **z=:** Zorroztasun-maila ehunekotan (z).
- **opt=:** 1 balioa prezioarekin optimizatu nahi bada;
2 balioa egokitasunarekin optimizatu nahi bada.

Funtzioan zehar hainbat pausu ematen ditugu:

- 1) **readxl** izeneko liburutegiko **read_excel(...)** funtzioarekin EXCELean gordeta dugun datu-basea kargatuko dugu.
- 2) **lp(...)** funtzioak behar dituen argumentuak elikatuko ditugu EXCELetik hartutako gure datuekin. Honako aldagai hauetan gordeko dugu informazioa:
 - a. *optimizazioa* (**direction**)
 - b. *a* (**objective.in**)
 - c. *A* (**const.mat**)
 - d. *norabideak* (**const.dir**)
 - e. *b* (**constrhs**)
 - f. *osoak* (**int.vec**)
 - g. *denak* (**all.int**)

- 3) Soluzioak gordeko ditugu *emaitza* (helburu-funtzioaren balio optimoa) eta *Soluzioak1* (eskaintako elikagaiak) izeneko aldagaietan.
- 4) Eskatuko diogu emaitza erakusteko: zeintzuk elikagai eskaini diren eta euren informazio nutrizionala; eta zein zen erabiltzailearen eskakizuna eta guk geuk eskaini duguna.

Hona hemen gure funtzioaren kodigoa:

```
library(readxl)
library(lpSolve)

# opt argumentuan 1 jarriko dugu prezioarekin optimizatu nahi badugu eta 2
# jarriko dugu egokitasunarekin optimizatu nahi badugu.

Gosaria <-function(KaloriakEgunean,KHehunekotan,PRehunekotan,
  KOehunekotan,z,opt){

  Taula <- read_excel("C:\\Users\\Hezkuntza\\Desktop\\Jakien Datu-Basea v2
    2025-03-12.xlsx")

  if (opt==1){optimizazioa<-"min"}
  if (opt==2){optimizazioa<-"max"}

  if (opt==1){a<-t(Taula[,16])} #Prezioak
  if (opt==2){a<-t(Taula[,18])} #Egokitasuna

  ElikagaiKopurua<-length(a)

  A<-matrix(0,nrow=26, ncol=51)
  A[1,]<-t(Taula[,10])
  A[2,]<-t(Taula[,10])
  A[3,]<-t(Taula[,11])
  A[4,]<-t(Taula[,11])
  A[5,]<-t(Taula[,12])
  A[6,]<-t(Taula[,12])
  A[7,]<-t(Taula[,13])
  A[8,]<-t(Taula[,13])
  Arrautzak<-which(Taula[,2]=="Arrautzak")
  A[9,Arrautzak]<-1
  A[10,Arrautzak]<-1
  EdaLak<-which(Taula[,2]=="Edangarri lakteak")
  A[11,EdaLak]<-1
  A[12,EdaLak]<-1
  Esnekiak<-which(Taula[,2]=="Esnekiak")
  A[13,Esnekiak]<-1
  A[14,Esnekiak]<-1
  Lehorrak<-which(Taula[,2]=="Fruitu lehorrak")
  A[15,Lehorrak]<-1
  A[16,Lehorrak]<-1
  Frutak<-which(Taula[,2]=="Frutak")
  A[17,Frutak]<-1
  A[18,Frutak]<-1
  Gaziak<-which(Taula[,2]=="Jaki gaziak")
  A[19,Gaziak]<-1
  A[20,Gaziak]<-1
  Ogiak<-which(Taula[,2]=="Ogiak/Zerealak/Tostak")
  A[21,Ogiak]<-1
  A[22,Ogiak]<-1
  Opilak<-which(Taula[,2]=="Opilak/bolleria")
  A[23,Opilak]<-1
  A[24,Opilak]<-1
  EdaLaketaEsnekiak<-c(EdaLak,Esnekiak)
  A[25,EdaLaketaEsnekiak]<-1
  A[26,EdaLaketaEsnekiak]<-1
```


4. Gure ekoizpena

4.1 Adibidea erabiltzaile baten eskakizunarekin

Hartu dezagun erabiltzaile honen eskaera:

$$EKC_{eguna} = 2000 \text{ Kcal}, \quad EKH_{ehuneko} = \%40, \quad EPR_{ehuneko} = \%30, \quad EKO_{ehuneko} = \%30$$

Egingo ditugu aproba ezberdinak:

- Saiakuntza 1: $z = 0,05$ eta $opt = 1$ (baldintza guztiak betetzen dituen konbinazioen artean prezioa minimizatzen duena).
- Saiakuntza 2: $z = 0,05$ eta $opt = 2$ (baldintza guztiak betetzen dituen konbinazioen artean egokitasuna maximizatzen duena).
- Saiakuntza 3: $z = 0,04$ eta $opt = 1$ (baldintza guztiak betetzen dituen konbinazioen artean egokitasuna maximizatzen duena).
- Saiakuntza 4: $z = 0,03$ eta $opt = 1$ (baldintza guztiak betetzen dituen konbinazioen artean egokitasuna maximizatzen duena).

4.1.1 Saiakuntza 1 ($z = 0.05$, $opt = 1$)

```
> Gosaria(2000,40,30,30,0.05,1)
[1] "Errazio bateko elikagaiak:"
# A tibble: 5 × 7
  Jakiaren izena      Kaloriak errazioko (Kcal...) Karbono-hidratoak er... Proteinak errazioko ... Koipeak errazioko (g...) Prezioa errazioko (€...) Egokitasuna
  <chr>              <dbl>          <dbl>          <dbl>          <dbl>          <dbl>          <dbl>
1 Oilo arrautza frijitua 130.          0.21          9.38          10.2          0.21          4
2 Marrubi batidoa      132          22.4          5.6           2            0.24          4
3 Kiwia                 39           7.95         0.825         0.375         0.33          9
4 Pernil egosia        114           0.4          21            3            1.18          9
5 Frutadun barrita     84.9         16.8         1.72          1.08          0.31          2
#   abbreviated names: "Kaloriak errazioko (Kcal.)", "Karbono-hidratoak errazioko (gr.)", "Proteinak errazioko (gr.)", "Koipeak errazioko (gr.)",
#   "Prezioa errazioko (€)"
[1] "Gosariaren eguneko karga kalorikoaren %25 ezarri da:"
[1] "Eskatutako KALORIA kopurua izan da: 500 KCAL."
[1] "Eskatutako KALORIA kopurua izan da: 499.425 KCAL."
[1] "Eskatutako KARBOHIDRATO kopurua izan da: 50 gr"
[1] "Eskatutako KARBOHIDRATO izan da: 47.73 gr"
[1] "Eskatutako PROTEINA izan da: 37.5 gr"
[1] "Eskatutako PROTEINA kopurua izan da: 38.525 gr"
[1] "Eskatutako KOIPE kopurua izan da: 16.67 gr"
[1] "Eskatutako KOIPE kopurua izan da: 16.67 gr"
[1] "Gosariaren prezioa hau da: 2.27 €"
[1] "Gosariaren egokitasuna hau da: 28"
```

Baldintza guztiak betetzen dituzten konbinazioen artean (%5eko malgutasunarekin), konbinazio merkeena hau izan da eta 2.27 € balio du (egokitasuna 28 puntu):

- Oilo arrautza frijitua
- Marrubi batidoa
- Kiwia
- Pernil egosia
- Frutadun barrita

Eta, guztira, 499.25 Kcal (500 eskatuta), 47.73 gr karbohidrato (50 eskatuta), 38.525 gr proteina (37.5 eskatuta) eta 16.67 gr koipe (16.67 eskatuta) eskaini dira.

Karbohidratoak izan ezik, gainerako denak ezinhobeki hurbildu ditu.

4.1.2 Saiakuntza 2 ($z = 0.05$, $opt = 2$)

```
> Gosaria(2000,40,30,30,0.05,2)
[1] "Errazio bateko elikagaiak:"
# A tibble: 5 × 7
  `Jakiaren izena`      `Kaloriak errazioko (Kcal.)` `Karbono-hidratoak erra...`
  <chr>                <dbl>                <dbl>
1 Oilo arrautza frijitua      130.                0.21
2 Yogur edangarri naturala    87.5                15.4
3 Platanoa                   84.6                18
4 Pernil egosia              114                 0.4
5 Gari eta txokolatezko barrita 98.3               15.0
# [1] abbreviated name: "`Karbono-hidratoak errazioko (gr.)`"
# [1] 4 more variables: `Proteinak errazioko (gr.)` <dbl>,
# `Koipeak errazioko (gr.)` <dbl>, `Prezioa errazioko (€)` <dbl>,
# Egokitasuna <dbl>
[1] "Gosarian eguneko karga kalorikoaren %25 ezarri da:"
[1] "Eskatutako KALORIA kopurua izan da: 500 KCAL."
[1] "Eskainitako KALORIA kopurua izan da: 513.925 KCAL."
[1] "Eskatutako KARBOHIDRATO kopurua izan da: 50 gr"
[1] "Eskainitako KARBOHIDRATO izan da: 48.97 gr"
[1] "Eskatutako PROTEINA izan da: 37.5 gr"
[1] "Eskainitako PROTEINA kopurua izan da: 37.0775 gr"
[1] "Eskatutako KOIPE kopurua izan da: 16.67 gr"
[1] "Eskainitako KOIPE kopurua izan da: 17.195 gr"
[1] "Gosariaren prezioa haxe da: 2.52 €"
[1] "Gosariaren egokitasuna haxe da: 36"
```

Hemen, ordea, gosari garestiago (2.52 €) baina egokiago (36 puntu, gure egokitasunaren arabera) bat eskaini dugu:

- Oilo arrautza frijitua
- Yogur edangarri naturala
- Platanoa
- Pernil egosia
- Gari eta txokolatezko barrita

4.1.3 Saiakuntza 3 ($z = 0.04$, $opt = 1$)

```
> Gosaria(2000,40,30,30,0.04,1)
[1] "Errazio bateko elikagaiak:"
# A tibble: 5 × 7
  `Jakiaren izena`      `Kaloriak errazioko (Kcal.)` `Karbono-hidratoak erra...`
  <chr>                <dbl>                <dbl>
1 Oilo arrautza frijitua      130.                0.21
2 Yogur edangarri naturala    87.5                15.4
3 Platanoa                   84.6                18
4 Pernil egosia              114                 0.4
5 Gari eta txokolatezko barrita 98.3               15.0
# [1] abbreviated name: "`Karbono-hidratoak errazioko (gr.)`"
# [1] 4 more variables: `Proteinak errazioko (gr.)` <dbl>,
# `Koipeak errazioko (gr.)` <dbl>, `Prezioa errazioko (€)` <dbl>,
# Egokitasuna <dbl>
[1] "Gosarian eguneko karga kalorikoaren %25 ezarri da:"
[1] "Eskatutako KALORIA kopurua izan da: 500 KCAL."
[1] "Eskainitako KALORIA kopurua izan da: 513.925 KCAL."
[1] "Eskatutako KARBOHIDRATO kopurua izan da: 50 gr"
[1] "Eskainitako KARBOHIDRATO izan da: 48.97 gr"
[1] "Eskatutako PROTEINA izan da: 37.5 gr"
[1] "Eskainitako PROTEINA kopurua izan da: 37.0775 gr"
[1] "Eskatutako KOIPE kopurua izan da: 16.67 gr"
[1] "Eskainitako KOIPE kopurua izan da: 17.195 gr"
[1] "Gosariaren prezioa haxe da: 2.52 €"
[1] "Gosariaren egokitasuna haxe da: 36"
```

$z = 0.04 = \%4$ -ko zorroztasunarekin ezin du Saiakuntza 1-eko gosaria eskaini, ez dituelako baldintzak betetzen, eta beste aukera hau eskaintzen du (garestiagoa dena, Saiakuntza 2-ko bera).

4.1.4 Saiakuntza 4 ($z = 0.03$, $opt = 1$)

```
> Gosaria(2000,40,30,30,0.03,1)
[1] "Errazio bateko elikagaiak:"
# A tibble: 0 × 7
# 7 variables: Jakiaren izena <chr>, Kaloriak errazioko (Kcal.) <dbl>,
# Karbono-hidratoak errazioko (gr.) <dbl>, Proteinak errazioko (gr.) <dbl>,
# Koipeak errazioko (gr.) <dbl>, Prezioa errazioko (€) <dbl>, Egokitasuna <dbl>
[1] "Gosarian eguneko karga kalorikoaren %25 ezarri da:"
[1] "Eskatutako KALORIA kopurua izan da: 500 KCAL."
[1] "Eskainitako KALORIA kopurua izan da: 0 KCAL."
[1] "Eskatutako KARBOHIDRATO kopurua izan da: 50 gr"
[1] "Eskainitako KARBOHIDRATO izan da: 0 gr"
[1] "Eskatutako PROTEINA izan da: 37.5 gr"
[1] "Eskainitako PROTEINA kopurua izan da: 0 gr"
[1] "Eskatutako KOIPE kopurua izan da: 16.67 gr"
[1] "Eskainitako KOIPE kopurua izan da: 0 gr"
[1] "Gosariaren prezioa haxe da: 0 €"
[1] "Gosariaren egokitasuna haxe da: 0"
```

$z = 0,03 = \%3$ -ko zorroztasunarekin ez du konbinazio bat bera era topatzen. Programazio Linealeko problemak soluziorik ez duen seinale!

4.2 Erabiltzaile ezberdinen emaitzak

Ikusteko ea gure algoritmoa gauza den erabiltze desberdin samarren eskakizunak asetzeko, aproba egin dugu parametro errealista desberdinekin, topatu arte zein den gosariren bat eskaintzen duen z zorroztasun-parametro txikiena.

Lortutako emaitzak honako taula honetan jaso ditugu:

Dieta mota	Kaloriak	KH (%)	PR (%)	KO (%)	z (minimoa)
OME	1500	55	15	30	0,04
60-20-20	1500	60	20	20	0,13
40-30-30	1500	40	30	30	0,04
OME	1750	55	15	30	0,03
60-20-20	1750	60	20	20	0,07
40-30-30	1750	40	30	30	0,04
OME	2000	55	15	30	0,03
60-20-20	2000	60	20	20	0,04
40-30-30	2000	40	30	30	0,04
OME	2250	55	15	30	0,02
60-20-20	2250	60	20	20	0,05
40-30-30	2250	40	30	30	0,03
OME	2500	55	15	30	0,02
60-20-20	2500	60	20	20	0,03
40-30-30	2500	40	30	30	0,02
Keto	1500	10	15	75	0,12
Keto	1750	10	15	75	0,06
Keto	2000	10	15	75	0,07
Keto	2250	10	15	75	0,05
Keto	2500	10	15	75	0,03
Dukan	1500	20	40	40	0,05
Dukan	1750	20	40	40	0,06
Dukan	2000	20	40	40	0,08
Dukan	2250	20	40	40	0,07
Dukan	2500	20	40	40	0,05

Taula 7: Erabiltzaile ezberdinekin lortutako zorroztasun minimoak

Ikus daitekeenez, oso emaitza onak lortu dira dieta arruntenean, bi kasu kenduta denak %0.05eko zorroztasunarekin hurbiltzen dituelako. Jakina, datu-basean elikagai eta plater gehiago sartuta, emaitzak are gehiago hobetu daitezke.

Kaloria gutxiagoko eskakizunetan okerrago ibiltzen da. Egia esan, kaloria gutxi daudenean, elikagai gutxiago eskaintzen dira orokorrean, eta, nabaria denez, horrek konbinazio gutxiago ahalbidetzen du.

4.3 Ondorioak

Dieta-sortzaile bat sortzearen erronka gainditu dugula esan genezake. Izan ere, aztertutako metodologiak, programazio linealaren eta R programazio-lengoiaren laguntzaz, modu eraginkorrean eta sistematikoan nutrizioaren eta elikadura-ohiturekin lotutako arazo konplexuak aborlatzea baimentzen baitu. Problema matematikoz eta informatikoz gain, eguneroko errealitateko erabaki kultural, ekonomiko eta pertsonalen faktoreak barne hartzen ditu.

Modu honetan, erabiltzaile baten eskakizun nutrizional zehatzak (kaloriak egunean eta makronutriente proportzioa) errespetatuz, dieta egoki bat modu automatikoan kalkulatzeko lortu da. Horrela, garestiak diren edo gizakiaren beharrak asetzen ez dituzten dietak aurkitzeko zailtasunak sahistea lortu dira.

Hala ere, landu gabeko hainbat alderdi geratu dira; esaterako, gaixotasun konplexuak. Dietak alergia eta intolerantzia egokitu daitezkeen arren, familia bakoitzeko elikagai kopurua aldatuz, gaixotasun konplexuak (adibidez, diabetesa, bihotz-gutxiegitasuna, hipotiroidismoa, lipedema...) gure helmenetik kanpo geratzen dira. Horrez gain, pertsonen medikazioa edo elikagaien mikronutrientek kontuan hartu beharko lirateke dieta pertsonalizatuago bat eskaini ahal izateko.

Bestetik, nutrizioari buruzko oinarritzko ezagutzarik ez duten pertsonak ez dira gai izango beren elikadurari buruzko erabaki zentzudunak hartzeko, hala nola egunean zenbat kaloria behar dituzten edo zer makronutriente-proportzio komeni zaien. Horrela, dieta-sortzaileari zehaztutako murrizketetan huts eginez gero, ezinezkoa izango litzateke benetan funtzionala den dieta bat bermatzea. Dena den, existitzen dira proportzio unibertsal batzuk (KETO, OME, DUKAN...) lortu nahi dugun helburura (argaldu, loditu...) hurbil gaitzaketenak.

Azkenik, hainbat proba egin ondoren, bai prezio minimoa, bai egokitasun maximoa lortzeko, soluzio batzuetan, bereziki eskakizun kaloria oso baxuak dituzten kasuetan, eskatutakoaren eta eskainitakoaren arteko desberdintasuna nabarmentzen da. Honek, sistemaren mugak agerian uzten ditu, baina beti geratzen da datu-base zabalago eta anitzago bat egiteko aukera, pertsonen beharretara zehaztasun maila handigoarekin egokitzeko.

Zehaztasun guzti hauetarako egokitzeko aldaketak egin daitezkeen era berean, beste otordu batzuetarako ere egokitu daiteke programa. Honetarako beste datu base bat (edo berdina hedatu) sortu, otorduaren ehunekoa aldatu, elikagai familiak moldatu eta familia bakoitzetik eskeinitako elikagai kopurua aldatu beharko lirateke, beste aldaketa batzuen artean.

Beraz, oinarri batean programa unibertsal bat sortu dugula esan dezakegu. Izan ere, moldaketa txiki batzuk eginda, edonori egokitu ahal zaion dieta bat eraikitzeko gai da.

5. Bibliografía

- [1] Base de Datos Española de Composición de Alimentos.
<https://www.bedca.net/bdpub/index.php>
- [2] Características nutricionales de los principales alimentos de nuestra dieta, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación
<https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/plataforma-de-conocimiento-para-el-medio-rural-y-pesquero/observatorio-de-buenas-practicas/buenas-practicas-sobre-alimentacion/caract-nutricionales.aspx>