

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



La elección de la dieta como problema multicriterio: aspectos nutricionales, económicos y medioambientales.

TRABAJO FIN DE GRADO EN
CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

ALUMNO: FRANCISCO TORDERA BENLLOCH

DIRECTORA ACADÉMICA: NEUS SANJUÁN PELLICER

CODIRECTORA: GABRIELA CLEMENTE POLO

Curso Académico: 2014-2015

VALENCIA, NOVIEMBRE DE 2014



TÍTULO: LA ELECCIÓN DE LA DIETA COMO PROBLEMA MULTICRITERIO: ASPECTOS NUTRICIONALES, ECONÓMICOS Y MEDIOAMBIENTALES.

Resumen

El objetivo de este trabajo era el análisis de los parámetros nutricionales, de precio y de huella de carbono de un menú mensual de 20 días para un menú distribuido por una empresa de catering escolar, para la búsqueda de menús individuales que combinaran buen aporte de nutrientes, valores bajos de huella de carbono y valores bajos de precio.

Se calcularon los valores de precio para cada menú individual teniendo en cuenta las materias primas, y se utilizó como valor económico de cada menú a la hora de compararlos con sus valores de huella de carbono y nutricionales. La huella de carbono de cada menú fue calculada a partir de datos bibliográficos de cada alimento, comparados con la PAS 2050:2011 y corregidos cuando era necesario. Las correcciones se efectuaban a partir de valores de transporte, procesado o cocinado, y se calculó la huella de carbono que suponía un proceso de congelación para verduras, carne y pescado, así como la huella de carbono que suponía un almacenamiento de 15 días en congelación, mediante el método descrito por Sanjuán et al., 2013.

Para la valoración nutricional, se calculó el aporte de los macronutrientes (proteínas, grasas y carbohidratos) y de ciertos micronutrientes, que se agrupaban en dos subgrupos: micronutrientes cuyo consumo se debía fomentar (fibra, potasio, calcio, magnesio, hierro y vitaminas A, C y E9) y micronutrientes cuyo consumo se debía limitar (sodio y colesterol). También se calculó el aporte calórico para cada menú.

Finalmente, se hallaron combinaciones que presentaban valores bajos de huella de carbono y precio, y que a su vez eran aceptables desde el punto de vista nutricional, por lo que la conclusión final es que es posible diseñar menús saludables, respetuosos con el medio ambiente y, finalmente, a un precio asequible para una empresa como lo es una empresa de catering escolar.

Palabras clave: nutricional, precio, huella de carbono, multicriterio, dieta, comedor escolar.

Autor: Francisco Tordera Benlloch.

Directora: Neus Sanjuán Pellicer.

Codirectora: Gabriela Clemente Polo.

TITLE: DIET CHOOSING AS A MULTICRITERIA PROBLEM: NUTRITIONAL, ECONOMICAL AND ENVIRONMENTAL ASPECTS.

Abstract

The objective of this Project is the analyse of nutritional, price and carbon footprint values of a 20 day monthly menu distributed by a scholar catering company, searching, cheap, adequate nutritional takeaway and low carbon footprint level combining individual menus

Price values were been calculated for each individual menu considering only raw materials price, and these values were been used to compare each menu price with its nutritional and carbon footprint values. Carbon footprint was been calculated from literature data from each food, comparing results with Pas 2050:2011 and corrected when necessary. Corrections were realized from transport, process or cook values. For a freezing and 15 days of frozen storage, carbon footprint were calculed by methods suggested by Sanjuán et al., 2014.

For nutritional evaluation, takeaway of macronutrients (protein, fat and carbohydrates) and micronutrients were calculated, differentiating between high limited consume micronutrients (cholesterol and sodium) and low limited consume micronutrients (fibre, calcium, magnesium, iron, potassium and vitamins A, C and E). Calories intake was calculated and considered too.

Finally, menus with low carbon footprint and cheap was obtained, and those menus was nutritionally adequate, so its possible to achieve the designment of healthy, cheap and environmentally friendly menus for a 20 days mensual menu for a scholar catering business.

Palabras clave: nutritional, price, carbón footprint, multicriteria, diet, canteen.

Author: Francisco Tordera Benlloch.

Director: Neus Sanjuán Pellicer.

Codirector: Gabriela Clemente Polo.

ÍNDICE GENERAL.....	i
ÍNDICE DE TABLAS	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	iii

ÍNDICE GENERAL

1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 LA ELECCIÓN DE UNA DIETA SOSTENIBLE	1
1.2 REPERCUSIONES DE LA DIETA EN LA SALUD	1
1.2.1 <i>Elaboración de perfiles nutricionales.</i>	2
1.2.2 <i>Dietas para escolares.</i>	3
1.3 REPERCUSIONES MEDIOAMBIENTALES DE LA ALIMENTACIÓN.....	4
1.3.1 <i>La dieta y la emisión de gases de efecto invernadero</i>	5
1.4 LA HUELLA DE CARBONO	7
2 OBJETIVOS.....	9
3 MATERIALES Y MÉTODOS	10
3.1 OBTENCIÓN DE LOS MENÚS.	10
3.2 CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO.....	11
3.2.1 <i>Cálculo de la huella de carbono derivada del proceso de congelación.</i> ...	13
3.3 RECOPIACIÓN DEL PRECIO DE LOS MENÚS.....	15
3.4 ANÁLISIS NUTRICIONAL	16
3.5 COMBINACIÓN DE LOS PLATOS Y ANÁLISIS DE LAS COMBINACIONES.....	16
3.5.1 <i>Valores umbrales de los parámetros.</i>	17
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	18
4.1 ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DEL ESTUDIO.	23
4.2 ANÁLISIS NUTRICIONAL DE LOS MENÚS.....	24
4.3 HUELLA DE CARBONO Y PRECIO DE CADA MENÚ	27
4.3.1 <i>Platos en los menús considerados viables.</i>	28
4.3.2 <i>Estadísticos descriptivos de los menús viables.</i>	32
5 CONCLUSIONES.....	34
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Relación de entrantes y platos principales utilizados en el estudio.

TABLA 2: Fuentes de datos de la huella de carbono de los alimentos incluidos en los menús.

TABLA 3: Huella de carbono del procesado de los alimentos durante la fase de uso.

TABLA 4: Huella de carbono derivada de los procesos de transporte de alimentos.

TABLA 5: Huella de carbono del proceso de congelación y almacenamiento en congelación.

TABLA 6: Precios medios por kilogramo para cada alimento.

TABLA 7: Valores umbrales para los distintos micronutrientes.

TABLA 8: Valores umbrales para los valores de huella de carbono, sodio y colesterol.

TABLA 9: Valores umbrales para las calorías y las proporciones de macronutrientes aportados.

TABLA 10: Precio, CFP y Calorías para los entrantes(S), los platos principales (M) y los postres (D).

TABLA 11: Macronutrientes para los entrantes (S), los platos principales (M) y los postres (D), presentados en valores de calorías.

TABLA 12: Contenido en micronutrientes a fomentar para los para los entrantes (S), los platos principales (M) y los postres (D).

TABLA 13: Contenido en micronutrientes a limitar para los entrantes (S), los platos principales (M) y los postres (D).

TABLA 14: Parámetros estadísticos descriptivos calculados.

TABLA 15: Parámetros estadísticos descriptivos para los 1531 menús resultantes tras el filtrado.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Emisiones del sector agropecuario entre 1990 y 2011 (FAO, 2014)

FIGURA 2: Huella de carbono de la cadena alimentaria.

FIGURA 3: Ratio de apariciones de cada entrante.

FIGURA 4: Ratio de apariciones de cada plato principal.

FIGURA 5: Ratio de apariciones de cada postre.

FIGURA 6: Número de menús en los que cada micronutriente no supera los umbrales establecidos como límites mínimos.

FIGURA 7: Número de menús en los que el contenido en micronutrientes supera el umbral establecido como límite máximo.

FIGURA 8: Huella de carbono y precio de cada menú.

FIGURA 9: Proporción de apariciones de los entrantes en los menús válidos en cuanto a precio y huella de carbono.

FIGURA 10: Proporción de apariciones de los platos principales en los menús válidos en cuanto a precio y huella de carbono.

FIGURA 11: Proporción de apariciones de los postres en los menús válidos en cuanto a precio y huella de carbono

FIGURA 12: Representación grafica de los menús tras el filtrado.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 LA ELECCIÓN DE UNA DIETA SOSTENIBLE

Según la FAO (2010) dietas sostenibles son aquellas que provocan impactos reducidos sobre el medio ambiente y que contribuyen tanto a una alimentación segura como a una vida sana de la presente generación y de las generaciones posteriores. Dietas sostenibles serán pues aquellas que protegen la biodiversidad y los ecosistemas, que son culturalmente aceptables, accesibles, económicamente asequibles, nutricionalmente adecuadas, seguras y saludables, que además optimizan el uso de los recursos humanos y naturales. De esta definición se deduce que una dieta sostenible se apoya en tres aspectos: nutricional, económico y ambiental.

La elección de la dieta en cada momento de la vida es una decisión crucial para su salud. A través de la dieta las personas se alimentan, lo cual significa que se proporciona al organismo todos los elementos que se necesitan para obtener energía, regular el metabolismo y regenerar los tejidos. Todo esto afecta a la salud dependiendo de si la dieta elegida es adecuada, del estado de salud y del entorno que rodea a los individuos.

No obstante, hoy en día, el aspecto más importante para la población a la hora de elegir los alimentos que adquiere es el coste (Vanclay et al., 2011). Este factor ya es importante a nivel doméstico, pero se convierte en el factor casi principal en el caso de los locales de restauración y hostelería, o en el de empresas que se dedican a dar de comer a colectivos como pueden ser comedores escolares, cárceles, etc. En estos casos muchas veces la calidad nutricional de los menús puede verse comprometida por elecciones de dietas menos nutritivas o con mayor contenido calórico, pero más baratas a la hora de elaborar los platos, lo que aumenta el beneficio de las empresas hosteleras.

Además de los factores nutricionales y económicos, la producción de las materias primas y su procesado, así como el transporte, almacenamiento y cocinado, repercuten en el medio ambiente. Por tanto, una dieta con un elevado valor nutricional y económicamente asequible puede ser poco respetuosa con el medio ambiente y, prolongada en el tiempo y producida en masa, constituir un problema acrecentando el efecto de fenómenos tales como el efecto invernadero, el calentamiento global o la destrucción de la capa de ozono.

1.2 REPERCUSIONES DE LA DIETA EN LA SALUD

En primer lugar, hay que diferenciar entre alimentación y nutrición. Se llama alimentación al acto de proporcionar al cuerpo alimentos e ingerirlos. Es un proceso consciente y voluntario, y por lo tanto una persona puede modificarlo. Sin embargo, la nutrición es el conjunto de procesos fisiológicos por los cuales el organismo recibe, transforma y utiliza las sustancias químicas contenidas en los alimentos. Es un proceso involuntario e inconsciente que depende de procesos corporales como la digestión, la absorción y el transporte de los nutrientes de los alimentos hasta los tejidos (UNED, 2014).

Además, se define el término **dieta** como el conjunto y cantidades de los alimentos o mezclas de alimentos que se consumen habitualmente, aunque también puede hacer referencia al régimen que, en determinadas circunstancias, realizan personas sanas, enfermas o convalecientes en el comer y beber (ISPM, 2003). Por tanto, una dieta equilibrada tiene como objetivo aportar adecuadamente los macro y micronutrientes necesarios para que el metabolismo pueda llevar a cabo sus funciones correctamente, manteniendo así un buen estado de salud en un individuo sano. Según expertos de la FAO OMS (1988), las proporciones calóricas que debe aportar cada grupo de nutrientes se establecen de la siguiente manera:

- El aporte calórico a partir de proteínas ha de suponer alrededor de un 15 % del aporte calórico diario, no siendo nunca inferior a 0.75 g de proteína al día, a ser posible de alto valor biológico.
- Los glúcidos o azúcares deben tener una aportación de al menos un 55-60 % de las calorías totales aportadas en un día, limitando el consumo de azúcares simples.
- Los lípidos, por tanto, deberían aportar aproximadamente un 30 % del aporte calórico total diario, siendo de preferencia los ácidos grasos mono y poliinsaturados sobre los ácidos grasos saturados.

En cuanto a los micronutrientes, es decir, las vitaminas y los minerales, hay que destacar que juegan un papel muy importante en el metabolismo humano. Es necesario aportarlos de manera adecuada, sin que se den déficits, ya que podrían provocar disfunciones metabólicas, pero sin tomarlos en exceso, ya que los mecanismos de eliminación de estos nutrientes son limitados y su acumulación puede llegar a ser tóxica (LBNE, 2013). La cantidad de micronutrientes adecuada para cada individuo viene determinada por el sexo y la edad, así como por otras condiciones relacionadas con su requerimientos nutricionales especiales (embarazo, enfermedad...).

1.2.1 Evaluación de los nutrientes de una dieta: Elaboración de perfiles nutricionales.

La evaluación nutricional de una dieta se lleva a cabo mediante el método de elaboración de perfiles nutricionales. La definición de este método viene dada por la World Health Organization (WHO), que define la elaboración de perfiles nutricionales como "la ciencia de clasificar o categorizar en relación a su composición nutricional por razones relativas a la prevención de enfermedades o a la promoción de la salud".

La elaboración de perfiles nutricionales es una herramienta que puede ser utilizada tanto en países desarrollados como en países en desarrollo, para ayudar en:

- Intervenciones de salud pública para la mejora de la dieta
- Influencia en los factores medioambientales de las dietas (e.i.: como los alimentos están comercializados)

El objetivo principal de la elaboración de perfiles nutricionales es la generación de definiciones para términos que puedan ser aplicados a alimentos. Estos términos incluyen descripciones tales como "bajo en grasa" o "alto contenido en fibra", "dieta hipocalórica", "dieta de pobre contenido en nutrientes", "más o menos saludable" o "saludable", etc. (Rayner et al. 2012).

La elaboración de perfiles nutricionales también se puede utilizar para generar puntuaciones numéricas para los alimentos, por ejemplo donde 1 es la puntuación para el alimento menos sano, y 100 para el más sano para un criterio dado. Además, también puede ser utilizado para clasificar los alimentos con signos no verbales o no numéricos, por ejemplo utilizando una luz roja para señalar un nivel indeseable de un nutriente como lo es la grasa (Rayner et al. 2012).

El desarrollo de un algoritmo para el perfilado nutricional de alimentos requiere la toma de algunas decisiones, como son los nutrientes que incluir, la unidad de medida que usar como base de las cantidades de los nutrientes (por 100 kcal, por 100 g, etc.), los estándares de ingesta para la valoración de el contenido de nutrientes o como contribuye cada nutriente a la puntuación final (Arsenault et al. 2012).

1.2.2 Dietas para escolares.

La Organización Mundial de la Salud aprobó en la 57 Asamblea Mundial de Salud en mayo de 2004 la Estrategia Global sobre Dieta, Actividad Física y Salud, justificado la importancia de favorecer la creación de entornos más saludables (Terreros et al., 2009). El punto 43 de este documento referido a los estados miembros afirma: “las políticas y programas escolares deben apoyar la adopción de hábitos alimentarios y de actividad física saludables”. Anima además a los gobiernos a formular y adoptar políticas que apoyen dietas saludables en el colegio y limiten la disponibilidad de productos con un alto contenido en sal, azúcares y grasas. Se anima a que los colegios junto con las familias y las autoridades responsables consideren la posibilidad de contratar el suministro de alimentos para el comedor escolar con productores locales. Esto, combinado con una introducción de alimentos nuevos a la dieta de los niños, puede ayudar a romper tabúes y malas costumbres alimentarias tanto en los escolares como en sus familias.

En los últimos años, la cantidad de centros educativos que ofertan un servicio de comedor escolar ha crecido significativamente. En el curso 2009-2010, según datos de la Oficina Estadística del Ministerio de Educación, 15.212 centros educativos de los diferentes niveles de enseñanza, tanto públicos como privados, ofertaban dicho servicio. Representan un 62,3% de los centros (FEN, 2013). Por tanto, es especialmente importante controlar y establecer el aporte realizado en los comedores escolares, siendo el público usuario un sector de la población en una fase crítica de su desarrollo como es la fase de escolarización, que va a realizar dicho aporte en la comida principal, 5 días a la semana, 10 meses al año.

Martínez Álvarez et al (2012) han realizado la II Encuesta nacional sobre comedores escolares en las diecisiete comunidades autónomas de España. Como resultado han identificado 7.710 comedores escolares, utilizados diariamente por 678.587 usuarios que proporcionan cerca del 2,8% de dietas especiales (las alergias representan el 38,9%, otras patologías el 23,2%, las causas religiosas el 26,7% y la celiaquía el 11,1% de las dietas especiales servidas). Estos autores destacan que las cifras de prevalencia de obesidad y sobrepeso infantil indican que es necesario mejorar la dieta de los escolares así como la educación alimentaria que estos reciben.

El comedor escolar tendrá, en consecuencia, una doble función: satisfacer las necesidades nutricionales de los usuarios e inculcar hábitos alimentarios correctos para una adecuada alimentación en edades posteriores, introduciendo nuevos alimentos y nuevos métodos culinarios. Todo ello ha de ser desarrollado y servido por un precio accesible para la población, garantizando a su vez beneficios económicos relevantes para las empresas encargadas de realizar estos servicios.

1.3 REPERCUSIONES MEDIOAMBIENTALES DE LA ALIMENTACIÓN

El medioambiente es un asunto de importancia a escala global. En la actualidad las políticas de actuación frente a los problemas derivados de su deterioro están centradas en la prevención y conservación medioambiental, la regulación de los procesos contaminantes y la producción y gestión de residuos. Uno de los problemas más graves en relación a la contaminación es el calentamiento global, provocado por la liberación de gases de efecto invernadero a la atmosfera, emisiones producidas por procesos naturales o, mayoritariamente, por actividades humanas. Según el Panel Internacional de Expertos en el cambio climático, la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) ha aumentado un 70% desde 1970 hasta 2004 (IPCC, 2007).

Se han realizado estudios (Sim et al., 2007, Schlich y Fleissner, 2005) en los que se especifica que muchos de los impactos medioambientales, y concretamente el cambio climático, depende estrechamente de los patrones de consumo de la sociedad. Además, las tendencias actuales de producción y consumo de alimentos están consideradas como no sostenibles ambientalmente. Aproximadamente un tercio de la influencia de los humanos sobre el cambio climático y la explotación del suelo es debida a la dieta y a la cadena alimentaria (Duthild y Kramer, 2000; Tukker et al., 2006; Vringer, et al., 2010; Garner, 2011). Las políticas de atenuación del cambio climático tienden a centrarse en el sector de las energías, mientras que los sectores del ganado y la alimentación reciben mucha menos atención a pesar de que provocan un 18% de las emisiones de GEI y el 80% de la explotación antropológica del suelo total (Stehfest et al., 2009). Además del calentamiento global, la cadena alimentaria genera otros impactos medioambientales, tales como el agotamiento del suelo agrícola disponible, lo que lleva a una búsqueda de nuevas superficies útiles, y por tanto a una destrucción de paisajes, o la generación de elevados excedentes (Stuart, 2011).

Por ello, es importante informar a los consumidores acerca de su responsabilidad a la hora de elegir una dieta, ya que esta decisión va a influir decisivamente en el medioambiente (Karlsson-Kranayama, 2003). La elección de los alimentos que consumen es una buena oportunidad de influir en su impacto medioambiental personal (Weber et al., 2008). Por esta razón cada vez más los agentes sociales implicados en esta problemática (gobiernos, productores y consumidores) están empezando a demandar información sobre el impacto medioambiental de los productos alimentarios.

1.3.1 La dieta y la emisión de gases de efecto invernadero

La producción y emisión de GEI derivados de la alimentación se produce a lo largo de todo el ciclo de vida de los alimentos. Se define el ciclo de vida como el conjunto de etapas consecutivas e interrelacionadas de un producto o servicio, desde la extracción de las materias primas hasta la final eliminación de los residuos derivados de su uso (ISO 14040, 2006). Para un alimento, este ciclo de vida incluye las fases de producción agropecuaria y pesquera, manipulación post-producción y almacenamiento, procesado y envasado, distribución y consumo.

Según la FAO, se entiende por emisión en el contexto de cambio climático la liberación de gases de efecto invernadero y/o sus precursores y aerosoles en la atmósfera, en una zona y un período de tiempo específicos (Glosario técnico de la FAO, 2011). Las distintas etapas del ciclo de vida de un alimento producen diferentes emisiones, debido a que intervienen diferentes productos y procesos.

En la figura 1, se muestran las emisiones producidas por el sector agropecuario entre 1990 y 2011. En la producción agropecuaria se agrupan las actividades agrícolas, la ganadería y la pesca. En estas actividades se registran emisiones derivadas de los procesos implicados en cada caso, como pueden ser las emisiones de óxido nitroso debido a las bacterias desnitrificantes del suelo, las producidas por la gestión de estiércol y la fermentación entérica, o las producidas por los barcos pesqueros utilizados para faenar y conservar el pescado. Las últimas estimaciones de la FAO sobre los gases de efecto invernadero muestran que las emisiones procedentes de la agricultura, la silvicultura y la pesca se han casi duplicado en los últimos cincuenta años, y podrían aumentar en un 30 por ciento adicional para 2050, si no se lleva a cabo un esfuerzo mayor para reducirlas (FAO, 2014).

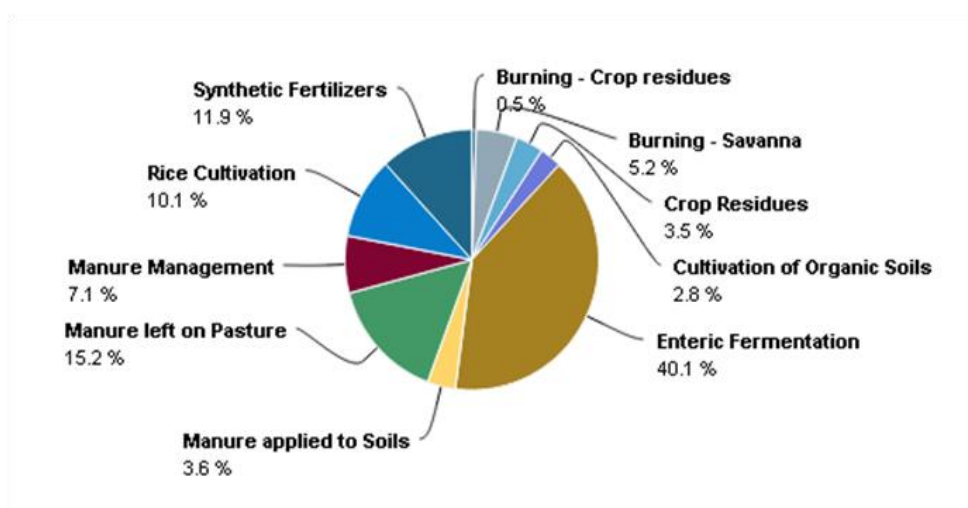


Figura 1. Emisiones del sector agropecuario entre 1990 y 2011 (FAO, 2014)

Como se observa en la figura 1, la fuente principal de emisiones del sector agropecuario es la fermentación entérica (40.1%), definida como la fermentación del alimento como proceso natural del sistema digestivo del ganado. En rumiantes, una parte importante

de la fermentación se da en el rumen, dando lugar a emisiones relativamente grandes de metano por unidad de energía de producción consumida (FAO, 2000). Le siguen las emisiones producidas por el abandono de excrementos en los pastos (15,2%), la utilización de fertilizantes orgánicos (11.9%) y el cultivo de arroz (10.1%), que en conjunto producen un total del 77.3% de las emisiones totales producidas por el sector agropecuario.

Los cambios del uso del suelo en la búsqueda de nuevas superficies de cultivo pueden dar lugar a emisiones antropogénicas de CO₂, ya que comúnmente estos cambios vienen ligados a procesos de deforestación. Las emisiones de CO₂ debidas a la deforestación normalmente proceden de la quema de árboles y otra vegetación de bosques tropicales propuestos para uso agrícola. Dichas emisiones también pueden provenir de la descomposición de los árboles cosechados para la obtención de madera, la quema de los árboles como combustibles y la respiración del suelo (IPCC, 2000).

Si bien una gran parte de las emisiones de gases invernadero producidas a lo largo del ciclo de vida de los alimentos tienen lugar en la etapa de producción agropecuaria, también es destacable la etapa de procesado y almacenamiento. La gran cantidad de alimentos producidos y consumidos junto con el hecho de que esta producción consume electricidad y energía térmica, mayormente de combustibles fósiles, hace de esta etapa un aspecto ambiental relevante (Sanjuán et al 2014). Además, como consecuencia del comercio global, los alimentos se transportan grandes distancias en camión, tren o barco, lo que requiere la utilización de combustibles fósiles con las consiguientes emisiones de CO₂, uno de los principales gases de efecto invernadero. El envasado de alimentos también puede tener impactos significativos en el medio ambiente, por ejemplo, durante la fabricación del material de envasado (Nutter et al., 2013).

En los últimos años se han realizado numerosos estudios que evalúan el impacto derivado del consumo de alimentos (Vieux et al. 2012, Meier and Christen , 2012, Van Dooren et al. 2013). A partir de estos estudios se pueden realizar algunas recomendaciones generales de cara al consumo de alimentos, como reducir el consumo de productos importados, los vegetales de invernadero o el consumo de carne, adquirir productos vegetales de temporada, o reducir el consumo de bebidas refrescantes (Jungbluth et al., 2000). A su vez, se están desarrollando estudios orientados a evaluar alternativas para reducir estos impactos, como por ejemplo reducir la carga ambiental de un producto con modificaciones de producción, procesado, envasado y distribución (Roy et al., 2009).

La reducción de los desperdicios y residuos también es una medida importante para la reducción de impactos, sobre todo en material de envasado, ya que en 2005, el 31 % de los residuos sólidos urbanos eran residuos relativos a materiales de envasado, de los cuales dos tercios son relativos a envases alimentarios (EPA, 2006b). En las empresas se observan tendencias de reducción de los subproductos de los procesos alimentarios, tanto para subproductos orgánicos, observándose un crecimiento permanente en empresas de revalorización de subproductos, como para subproductos inorgánicos, mediante el uso de materiales biodegradables para sus envases (UNIDO, 2012)

1.4 LA HUELLA DE CARBONO

La huella de carbono de un producto es una expresión cuantitativa de las emisiones de gases de efecto invernadero producidas a lo largo del ciclo de vida del mismo (PAS 2050, BSI 2011). Dicho impacto se expresa en unidades de kg de CO₂ equivalentes, lo que significa que se transforman todas las emisiones de gases con efecto invernadero mediante un factor de caracterización, de manera que se expresa el potencial de calentamiento global de cada gas en relación al producido por el CO₂.

La determinación de la huella de carbono de los alimentos que consumimos constituye una ayuda en la gestión de emisiones y en la evaluación de medidas de mitigación (Carbon Trust 2007). Una vez identificadas las emisiones de gases de efecto invernadero, se pueden identificar las fuentes más importantes de emisión y, a su vez, priorizar las áreas de reducción de emisiones y los aumentos de eficiencia. Esto permite reducir costes y aumentar rendimientos medioambientales. Además, el informe de los datos de huella de carbono a un tercero o la divulgación de estos datos al público por parte de las empresas es interesante por diferentes motivos, como son incentivos legislativos o como método de mejora de imagen de la marca (Carbon Trust, 2007). La figura 2 muestra cómo se relacionan las diferentes etapas de la producción alimentaria con la huella de carbono.

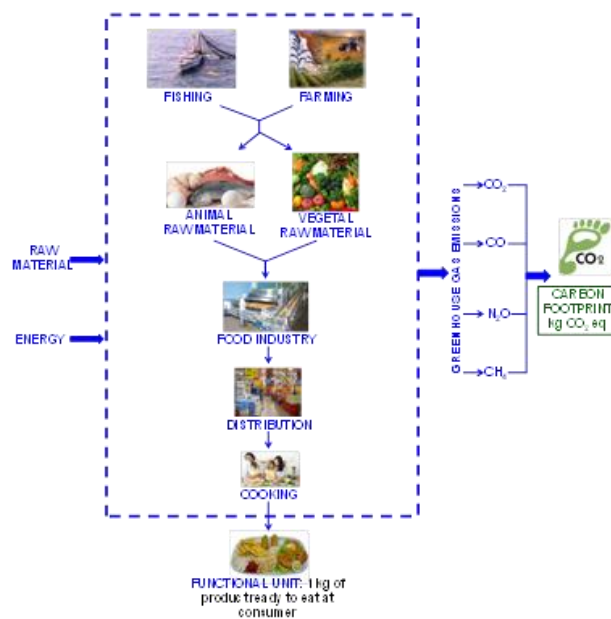


Figura 2: huella de carbono de la cadena alimentaria.

Para la estandarización del cálculo de la huella de carbono se han elaborado documentos normativos en los cuales se fijan bases comunes para la normalización de diversos aspectos. Uno de estos documentos es la norma PAS2050 (BSI, 2011), el cual es un documento

de aplicación voluntaria que establece que ha de calcularse la huella de carbono por una metodología de ciclo de vida, diferenciando entre dos tipos (AEC, 2012):

- Si el ciclo de vida del producto termina con la entrega de este a otra organización o empresa para que lo utilice en otros procesos de producción, es un ciclo de vida de la cuna a la puerta.
- En caso de considerar todo el ciclo de vida del producto, desde su producción hasta su entrega al consumidor y algunas actividades posteriores, se le denomina un ciclo de vida de la cuna a la tumba.

Dicha norma establece ciertos requisitos a la hora de calcular la huella de carbono. Son requisitos tales como la extensión del ciclo de vida (de la cuna a la tumba), el alcance de las emisiones (todos los gases especificados como GEI en la IPCC 2007), el alcance temporal para evaluar el efecto de calentamiento global (100 años) o los límites del sistema.

2. Objetivos

El objetivo principal del estudio es elaborar una dieta mensual para escolares que sea tanto equilibrada y saludable desde el punto de vista nutricional, como respetuosa con el medio ambiente y asequible económicamente. Para ello, se definen los siguientes objetivos específicos:

- Elaboración de un menú mensual para escolares, cumpliendo los requerimientos nutricionales establecidos para dicho colectivo.
- Evaluación económica de dicho menú, ¿incluyendo la mayor cantidad de parámetros posibles para garantizar su representatividad?.
- determinación de la huella de carbono de cada alimento y evaluación de la huella de carbono conjunta de cada plato.
- Evaluación nutricional del menú mensual
- Evaluación de las distintas combinaciones mediante el método de programación por metas para hallar la más eficiente desde los puntos de vista nutricional, económico y ambiental.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. OBTENCIÓN DE LOS MENÚS.

Se configuró un menú mensual para un comedor escolar, cubriendo los 20 días lectivos del mes, utilizando 20 entrantes, 20 platos principales y 9 postres para obtener las combinaciones a evaluar. Dichos menús se obtuvieron mediante el programa DietoWin (8.0). Los entrantes, platos principales y postres utilizados en el estudio se muestran en la tabla 1.

Tabla 1: Relación de entrantes y platos principales utilizados en el estudio.

Entrantes	Platos principales	Postres
Guisantes con jamón	Merluza a la parrilla	Yogur natural
Ensalada California	Chuleta cerdo y patatas hervidas	Naranja
Ensalada arroz con manzana	Caballa con guarnición	Helado
Patatas hervidas con lentejas	Pollo a la plancha	Plátano
Macarrones con 3 quesos	Gallo a la Meuniere	Fresas
Ensaladilla rusa con aceite oliva	Trucha en salsa tomate	Uva
Sopa de cebolla	Hamburguesa sola a la plancha	Yogur frambuesa
Ensalada Macarrones	Jurel con tomate	Kiwi
Espinacas hervidas	Pollo a la naranja	Manzana
Mejillones en salpicón	Gallo rebozado	
Judías verdes salteadas	Atún al papillote	
Ensalada de lechuga y pasas	Albóndigas al horno con jamón	
Arroz hervido con atún y cebolla	Bacalao a la Vizcaína	
Crema de zanahoria	Pollo con verduras	
Pasta boloñesa	Trucha a la cazuela	
Patatas hervidas con judías verdes	Rape	
Sopa Minestrone	Bistec plancha con cebolla	
Quiche espinacas y queso	Bacalao al Cebolla	
Brócoli con aceite y limón	Cordero con judías verdes	
Espagueti con cebolla	Pollo plancha con patata asada	

Se configuraron los menús con el objetivo principal de que aportaran los nutrientes correspondientes para mantener una dieta saludable, teniendo en cuenta únicamente el aporte referido a la comida.

3.2 CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO.

La cuantificación de la huella de carbono de los menús estudiados se realizó utilizando datos tomados de la bibliografía. En la tabla 2 se especifica la fuente de la que proceden los datos de huella de carbono para cada alimento.

Tabla 2: Fuentes de datos de la huella de carbono de los alimentos incluidos en los menús.

Alimento	Huella de carbono (kg CO2 eq/kg)	Referencia
Aceite oliva	3,652	Gallo et al. 2012
Arroz	2,079	Canevari et al. 2007
Atún en aceite	20,450	Iribarren et al. 2011
Atún fresco	14,153	Iribarren et al. 2011
Bacalao fresco	3,049	Iribarren et al. 2011
Brócoli	1,960	Milà i Canals, 2008
Caballa	0,745	Iribarren et al. 2011
Cebollas	0,183	Wilson, R. et al. 2011
Chuleta cerdo	1,690	Y. Núñez, J. Feroso. 2005
Espinacas	0,119	Stoessel, F., et al. (2012)
Fresas	0,684	Proyecto piloto "Best-Alliance", Früherdbeeren der REWE Group, 2009
Gallo	7,085	Iribarren et al. 2011
Guisantes	0,675	Nemecek et al. (2011)
Hamburguesa	20,010	T.Meier, O.Christen. 2012
Harina trigo	0,470	http://www.environdec.com/en/EPD-Search/
Helado	2,200	García-Suárez, 2008
Huevo	2,870	T.Meier, O.Christen. 2012
Jamón Serrano	0,835	T.Meier, O.Christen. 2012
Jurel	1,210	Iribarren et al. 2011
Judías verdes	1,362	Milà i Canals, 2008
Kiwi	0,831	Global Forum on Trade "Trade and Climate Change"
Leche entera	1,097	http://www.environdec.com/en/EPD-Search/
Lechuga	0,060	Hospido et al. 2008
lentejas	0,164	Gan et al. 2011
Macarrones	0,910	http://www.environdec.com/en/EPD-Search/
Mantequilla	7,200	Nilsson et al. 2010
Manzana	0,470	http://www.environdec.com/en/EPD-Search/
Margarina	1,320	Nilsson et al. 2010
Mejillones	9,512	Iribarren et al. 2010
Merluza	7,085	Iribarren et al. 2012
Naranja	0,201	Sanjuan et al. 2011
Pan	0,752	K.Andersson, T.Ohlsson. 1999
Pasas	0,581	Vasquez, S. J. et al. 2006,

Continuación tabla 2

Pasta sémola trigo	1,491	http://www.environdec.com/en/EPD-Search/
Patatas	0,262	Carlson, H. L. et al. 2008
Patata para chips	0,235	Carlson, H. L. et al. 2008
Plátano	1,097	http://dolecrs.com/performance/carbon-footprint-assessment/results/ (ultima revision, 25/11/2014)
Pez espada	0,900	Iribarren et al. 2012
Pollo	5,520	T.Meier, O.Christen. 2012
Cerdo	1,690	Y. Núñez, J. Feroso. 2005
Queso Burgos	7,830	Gallo et al. 2012
Queso parmesano	7,830	Gallo et al. 2012
Queso Roquefort	7,830	Gallo et al. 2012
Rape	10,430	Iribarren et al. 2012
Soja	0,683	Nemecek et al. 2011
Ternera magra	20,010	T.Meier, O.Christen. 2012
Ternera picada	20,010	T.Meier, O.Christen. 2012
Tomate	1,618	Torrellas et al. 2012
Trucha	0,900	Gallo et al. 2012
Uva	0,185	Stoessel, F., et al. 2012
Yogur frambuesa	1,186	Lindenthal et al.2010
Yogur natural	1,389	Lindenthal et al.2010
Zanahorias	1,960	Nemecek et al. 2011
Zumo limón	0,279	Y. Gan; C. Liang; C. Hamel; H. Cutforth; H. Wang. 2011

La norma PAS 2050:2011 (BSI, 2011) se utilizó para comparar los datos de la bibliografía con las directrices que incluye la norma. Los límites del sistema considerados, de acuerdo con la norma PAS 2050:2011 (BSI, 2011), fueron:

- **Producción de materias primas**, en los estudios consultados se incluyeron las emisiones de gases con efecto invernadero derivadas de la producción de materiales. En cuanto al envasado, únicamente se incluía cuando estos datos eran incluidos en la fuente original, ya que cuando no habían datos disponibles, el impacto de la producción del envase se podía considerar despreciable (Jungbluth et al., 2000).
- **Producción de energía**, las emisiones de gases con efecto invernadero asociadas al suministro y uso de la energía a lo largo del ciclo de vida del producto estaban incluidas en los estudios consultados. En aquellos casos en los que no se había incluido el procesado, se añadió
- **Bienes de capital**, están excluidos. Esto es debido a que el impacto derivado de dichos bienes, como maquinaria de cocina y edificios, son bienes de vida larga y se deberían asignar las cargas medioambientales en función del número de horas de trabajo por unidad funcional respecto al número total de horas de uso de dichos bienes a lo largo de su vida útil (Audsley et al. 1997).

- **Procesado y servicios auxiliares**, para los productos procesados estos límites estaban incluidos. En los casos que fue necesario incluir algún tipo de proceso en el que se requería aporte energético, se usaron los datos que se muestran en las tablas 3 y 5. El cálculo del impacto derivado del proceso de congelación y almacenamiento se detalla en el apartado 2.2.1.

Tabla 3: Huella de carbono del procesado de los alimentos durante la fase de uso

Descripción	Huella de carbono (kg CO2 eq/kg)	Referencia
Cocción	0,5	Foster et al. (2006)
Cocción de legumbres	0,65	Olsson (1998)
Cocción de arroz	0,42	NESA (2002)
Cocción de vegetales	0,09	NESA, 2002
Cocción de patatas	0,45	Johannisson and Olsson, 1997 ¹
Fritura en cocina	1,06	Foster et al., 2006
Fritura de carne refrigerada en cocina	0,58	Johannisson and Olsson, 1997 ¹
Fritura de patatas industrial	1,97	Puskas and Sommer, 1998 ¹
Enlatado de frutas y vegetales	0,23	Singh, 1986 ¹
Enlatado de tomate	0,09	¿Sanjuán, 2012?
Producción de pan	0,52	Andersson, 1998 ¹
Produccion de zumo de citricos frescos	0,65	Johannisson and Olsson, 1997

- **Transporte**, añadidos o bien por presencia en la bibliografía o añadidos manualmente, están excluidos los transportes de los consumidores al punto de consumo de acuerdo con la PAS 2050 (BSI, 2011). Los datos de huella de carbono debidos a los procesos de transporte se muestran en la tabla 4.

Tabla 4: Huella de carbono derivada de los procesos de transporte de alimentos.

Transporte	Impacto	kg CO2 eq/kg
Del puerto al minorista	Transporte	0.052
	Refrigeración	0.011
Del productor al minorista	Transporte	0.070
	Refrigeración	0.009

- **Fase de uso**, en los productos que fue necesario se incluyó el cocinado, según la tabla 3.

3.2.1.- Cálculo de la huella de carbono derivada del proceso de congelación.

Puesto que muchos de los alimentos que se utilizan para elaborar los platos en los establecimientos de catering escolar son congelados y no se disponía de datos de esta forma de procesado de muchas materias primas, se determinó el consumo energético del mismo para así conocer la huella de carbono de esta etapa. Para la determinación del consumo energético de la congelación y del almacenamiento en congelación se siguió la metodología propuesta por Sanjuán et al. (2013).

En el caso de la congelación se determinó en primer lugar carga térmica total (Q_{tot}). Q_{tot} es el resultado de la suma de la energía total para congelar el producto (Q_{pr}), la energía necesitada por los ventiladores (o bombas, en caso de congeladores de inmersión de placas), más un conjunto de factores secundarios, entre otros, descongelación, pérdidas por el aislamiento, infiltración del aire y equipos o ventiladores secundarios (por ejemplo, motores).

Un parámetro clave para el cálculo de la carga térmica es el tiempo de congelación (t_f), calculado según la ecuación (Salvadori and Mascheroni, 1987):

$$t_f = (A_1 T_c + B) \left(\frac{1}{Bi} + C \right) \left[\frac{(T_{if} - T_i)}{T_{if}} \right]^n \left[\frac{(T_{if} - T_i)}{T_{if}} \right]^{-m} \alpha_0^{-1} R^2$$

Donde A_1 , B , c , m y n son constantes presentados en la tabla (); T_c es la temperatura en el centro del producto al final del proceso de congelación (recomendado -18°C); T_i , la temperatura inicial, α_0 , la difusividad térmica para el alimento fresco (m^2/s); R , la dimensión característica del producto, definida como la distancia desde el centro térmico (punto de enfriamiento más lento) del producto hasta su superficie; Bi , el número de Biot, función de la conductividad del producto fresco (k , W/mK), el coeficiente de transferencia de calor en la superficie (h , $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$) y R :

Q_{tot} viene dado por:

$$Q_{pr} = \frac{w_{pr}}{t_{pr}} [c_u(T_i - T_{if}) + L + c_f(T_{if} - T_{out})]$$

Para un congelador en continuo, w_{pr} es la cantidad de producto que permanece en el equipo durante el t_{pr} , que es el tiempo de residencia del producto en el equipo. Para un proceso por lotes, w_{pr} es el tiempo de cada lote y t_{pr} es el tiempo utilizado para procesar cada lote. T_{if} , es la temperatura de congelación inicial del producto; T_{out} , la temperatura media del alimento a la salida; c_u y c_f , los calores específicos del producto fresco y congelado ($\text{J}/\text{kg K}$); y L , el calor latente de congelación (J/kg).

Q_{tot} se estima teniendo en cuenta que Q_{pr} es un 65% de Q_{tot} . A partir de dichos componentes se calculan la energía necesaria para abastecer el compresor (Q_{comp}), mediante la aplicación del coeficiente de rendimiento, y la energía necesaria para abastecer el equipo auxiliar (Q_{anci}), cuyos requerimientos suponen entre un 15 y un 20% de la energía requerida por el compresor.

Para obtener la carga térmica de la cámara de almacenamiento congelado, se realizó una estimación del consumo de energía usando valores empíricos: $35\text{-}40 \text{ W}/\text{m}^3\text{-día}$ para una cámara a -18°C . Además, el consumo eléctrico necesario en un ciclo de refrigeración con gas

refrigerante R507A (el más utilizado en instalaciones de pequeño y medio tamaño). Para una cámara a -26 °C de temperatura de evaporación (cámaras de almacenamiento en congelación) se estima como 0.62 kW electricidad/kW carga térmica.

Puesto que el tiempo de almacenamiento de un alimento congelado es muy variable, se supuso siempre un tiempo de almacenamiento de 15 días.

Tabla 5: Huella de carbono del proceso de congelación y almacenamiento en congelación.

Descripción	Huella de carbono (kg CO2 eq/kg)
Escaldado y congelación de vegetales.	0,185
Escaldado, congelación y 15 días de almacenamiento de vegetales.	0,197
Congelación de carne	0,386
Congelación y 15 días de almacenamiento de carne	0,375
Congelación de pescado	0,101
Congelación y 15 días de almacenamiento de pescado	0,090

3.3.- RECOPIACIÓN DEL PRECIO DE LOS MENÚS

Para cada alimento, se recopilaron los precios a través de la búsqueda en las páginas web de diferentes supermercados y marcas, así como acudiendo a dichos establecimientos para la toma de datos. En la tabla 6 se presentan los datos de precios, como media de los precios recopilados de las fuentes consultadas.

Tabla 6: Precios medios por kilogramo para cada alimento

	Precio medio (€/kg)		Precio medio (€/kg)
Manzana	2,4	Aceite de oliva	2,91
Plátano	1,6	Naranja	1,39
Pan	3,3	Pasta	1,55
Mantequilla	9,4	Carne picada de cerdo	8,12
Queso emmenthal	7,9	Carne picada de cerdo/ternera	6,89
Queso	6,2	Patata	0,85
Queso rayado	6	Pasas	6,59
Huevo	1,7	Arroz	1,62
Ajo	5,8	Espaguetis	1,8
Uva	2,2	Fresas	6,77
Hamburguesa (ternera)	6,4	Tomate	2,95
Helado	4,5	Harina de trigo	0,72
Kiwi	1,8	Yogur de sabores	1,6
Zumo de limón	2,2	Jamón serrano	9,11
Lentejas	1,8	Atún en aceite	11,06
Lechuga	2,9	Lomo de cerdo congelado	3,12
Macarrones	1,6	Patata congelada	0,85

	Precio medio (€/kg)		Precio medio (€/kg)
Margarina	13,9	Espinaca congelada	2,94
Leche entera	0,6	Trucha congelada	5,38
Zanahoria congelada	2,7	Atún congelado	17,73
Brócoli congelada	2,73	Ternera congelada	3,99
Pollo congelada	2,39	Ternera picada congelada	4,55
Bacalao congelado	10,52	Mejillón congelado	7,47
Judía verde congelada	1,93	Jurel congelado	32,76
Merluza congelada	7,86	Rape congelado	6,8
Guisante congelado	2,65	Cebolla congelada	2,81
Cerdo congelado	4,25		

El precio de los menús se calculó teniendo en cuenta únicamente el precio de la materia prima.

3.4. ANÁLISIS NUTRICIONAL

Cada uno de los platos propuestos se evaluó desde el punto de vista nutricional teniendo en cuenta su contenido calórico, aporte de macronutrientes (carbohidratos, proteína y grasa) y a aporte de micronutrientes. Los micronutrientes que se tuvieron en cuenta fueron: fibra, calcio, hierro, potasio, magnesio, vitaminas A, C y E, sodio y colesterol. Estos micronutrientes se escogieron por el interés que presentan en la nutrición infantil. Para determinar el contenido en estos nutrientes se tomaron datos de las bases de datos GEA (Grupo de programas para Estudios de Alimentación) y USDA Food Composition Database (United States Department of Agriculture).

A partir de estos datos los menús se evaluaron para cada uno de los nutrientes estudiados según los umbrales obtenidos de la bibliografía (Aranceta y Serra, 2001).

3.5 COMBINACIÓN DE LOS PLATOS Y ANÁLISIS DE LAS COMBINACIONES

Mediante la hoja de cálculo de Microsoft Excel, se realizó la combinación de los 20 entrantes, los 20 platos principales y los 9 postres, para obtener 3600 menús a evaluar. Tras ello, se obtuvieron los parámetros estadísticos descriptivos para los valores de los parámetros de los menús: media, desviación estándar y valores mínimo y máximo.

Las combinaciones se sometieron a evaluación según umbrales obtenidos de la bibliografía (Aranceta J, Serra LI, 2001) para cada uno de los nutrientes estudiados: hidratos de carbono, grasas, proteínas, fibra, calcio, hierro, potasio, magnesio, vitaminas A, C y E, sodio y colesterol. Los umbrales para la huella de carbono y el precio del menú fueron obtenidos a partir de los valores medios de estos parámetros.

Los datos fueron representados respecto a sus valores de huella de carbono y precio, para su mejor análisis, y fueron aplicados los umbrales, lo que hizo que el número de combinaciones válidas se redujera considerablemente. Tras ello, se recalcularon los estadísticos descriptivos anteriormente citados y se compararon entre sí, para evaluar las diferencias entre ellos.

3.5.1. Valores umbrales de los parámetros.

Para el análisis de los datos, los umbrales para los aspectos nutricionales fueron establecidos a partir de la información obtenida de la Guía de nutrición para la población española (Aranceta J, Serra LI, 2001). Se establecieron por tanto los umbrales que se muestran en las tablas 7, 8 y 9:

Tabla 7: Valores umbrales para los distintos micronutrientes.

Fibra (g)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Potasio (mg)	Magnesio (mg)	Vit C (mg)	Vit A (mg)	Vit E (mg)
7,5	240	2,7	600	75	16,5	120	2,4

Tabla 8: Valores umbrales para los valores de huella de carbono, sodio y colesterol.

Huella de carbono (kg CO2 eq)	Precio (€)	Sodio (mg)	Colesterol (mg)
1,64	2,1	720	116

Tabla 9: Valores umbrales para las calorías y las proporciones de macronutrientes aportados.

	Calorías (kCal)	Proteínas (*)	Grasas (*)	Carbohidratos (*)
Límite inferior	600	0,12	0,25	0,5
Límite superior	800	0,25	0,35	0,6

*Proporción de calorías aportadas por el menú.

Los valores mostrados en la tabla 7 muestran los umbrales establecidos para los micronutrientes cuyo consumo se ha de promover, en mg que se aportan en el menú. Por tanto, serán valores que se han de superar para que el umbral se vea superado positivamente. En el caso del sodio y el colesterol, cuyos valores se muestran en la tabla 8, los umbrales representan límites que no se deben alcanzar en mg que se aportan en el menú, ya que el consumo excesivo de estos nutrientes se considera negativo nutricionalmente.

Además, en la tabla 8, se muestran los umbrales para huella de carbono y precio, establecidos a partir del cálculo del valor medio de dichos valores para los menús. Por tanto, se considerarán negativos los valores que superen la media de precio y la media de huella de carbono. Los umbrales mostrados en la tabla 9 muestran los valores entre los que se debe situar el valor del aporte calórico de los menús para considerarlos adecuados, así como los umbrales entre los que se han de encontrar los valores de aporte calórico proporcional de cada micronutriente en cada menú.

4. Resultados y discusión.

A partir de los datos de los platos del menú mensual se combinaron los 20 entrantes, los 20 platos principales y los 9 postres. Con lo que se obtuvieron los 3600 menús diarios a estudiar. Para analizar los diferentes menús se prepararon matrices con los datos nutricionales, de precio y de huella de carbono. En las Tablas 10 a 13 se presentan los valores referentes a la huella de carbono, el precio y las calorías de cada plato utilizado en el estudio. La nomenclatura de los platos es la que se presenta en el apartado 3.5.1 de este documento.

Tabla 10: Precio, CFP y Calorías para los entrantes(S), los platos principales (M) y los postres (D).

	CFP (kg CO2-eq)	Precio (€)	Calorías (kcal)		CFP (kg CO2-eq)	Precio (€)	Calorías (kcal)
S01	0,306	0,76	290,56	M01	0,912	1,10	196,38
S02	0,128	1,16	380,38	M02	0,372	0,52	309,36
S03	0,243	0,24	140,38	M03	0,546	4,98	369,10
S04	0,170	0,32	472,55	M04	1,419	0,69	479,11
S05	0,373	0,70	259,33	M05	1,378	1,49	289,25
S06	0,772	0,71	326,62	M06	0,505	0,64	296,10
S07	0,272	0,58	200,01	M07	3,844	0,90	491,92
S08	0,106	0,22	75,94	M08	0,494	4,67	366,57
S09	0,142	0,63	89,52	M09	0,523	0,58	210,88
S10	0,926	0,21	119,42	M10	1,055	1,21	276,50
S11	0,297	0,66	196,86	M11	2,555	2,40	255,20
S12	0,081	0,62	150,20	M12	2,264	0,62	351,98
S13	0,386	0,31	113,00	M13	0,408	0,93	256,58
S14	0,073	0,27	59,96	M14	0,416	0,33	205,58
S15	0,633	0,38	228,91	M15	0,344	0,58	250,52
S16	0,331	0,38	165,81	M16	1,439	1,03	230,08
S17	0,276	0,68	119,55	M17	2,237	0,73	436,82
S18	0,282	0,51	336,27	M18	0,747	1,73	411,09
S19	0,488	0,58	116,62	M19	0,616	0,87	381,92
S20	0,156	0,28	153,84	M20	1,362	0,59	419,29

	CFP (kg CO2-eq)	Precio (€)	Calorías (kcal)
D01	0,176	0,143	66,36
D02	0,041	0,209	38,33
D03	0,198	0,404	183,60
D04	0,177	0,269	82,17
D05	0,041	0,209	38,33
D06	0,177	0,269	82,17
D07	0,152	0,192	99,00
D08	0,261	0,265	63,21
D09	0,082	0,356	57,96

Tabla 11: Macronutrientes para los entrantes (S), los platos principales (M) y los postres (D), presentados en valores de calorías.

	Proteínas	Grasas	Carbohidratos		Proteínas	Grasas	Carbohidratos
S01	55,86	95,42	145,71	M01	71,27	53,05	79,92
S02	118,17	195,63	70,85	M02	72,23	136,96	101,62
S03	8,54	28,81	100,22	M03	145,22	137,24	82,76
S04	105,67	44,55	338,46	M04	149,37	225,31	101,13
S05	65,48	148,62	44,00	M05	102,75	81,68	108,48
S06	51,88	212,57	64,20	M06	62,95	118,69	115,38
S07	31,30	32,72	146,42	M07	139,96	227,81	125,08
S08	9,03	21,30	45,18	M08	136,73	140,79	85,78
S09	27,70	40,81	32,17	M09	42,58	55,82	118,42
S10	58,72	33,46	23,42	M10	86,96	73,30	120,30
S11	15,42	148,05	35,21	M11	142,63	10,27	99,77
S12	27,36	82,62	42,83	M12	97,41	89,15	167,20
S13	23,08	44,93	43,85	M13	74,09	48,69	136,25
S14	7,79	11,28	43,87	M14	48,96	63,27	96,76
S15	47,91	60,44	117,85	M15	71,16	70,45	111,30
S16	19,72	30,32	119,13	M16	78,12	135,45	13,80
S17	24,07	30,85	69,53	M17	83,73	215,29	144,20
S18	60,36	172,19	106,54	M18	140,55	158,24	112,97
S19	9,24	84,89	31,12	M19	115,06	151,28	112,69
S20	31,63	68,23	52,85	M20	142,45	161,82	111,69

	Proteínas	Grasas	Carbohidratos
D01	15,36	33,48	18,72
D02	3,50	0,00	37,67
D03	16,20	81,81	91,44
D04	4,75	2,67	79,20
D05	3,50	0,00	37,67
D06	4,75	2,67	79,20
D07	16,32	20,52	66,24
D08	5,68	5,81	54,70
D09	1,51	0,00	60,48

Tabla 12: Contenido en micronutrientes a fomentar para los para los entrantes (S), los platos principales (M) y los postres (D).

	Fibra (mg)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Potasio (mg)	Magnesio (mg)	Vitamina C (mg)	Vitamina A (mg)	Vitamina E (mg)
S01	12,380	64,850	3,696	656,490	89,750	32,280	88,000	1,612
S02	4,849	701,095	3,464	552,275	65,905	9,000	734,310	0,682
S03	0,756	8,208	1,343	72,160	12,680	3,120	4,152	0,247
S04	14,760	68,240	7,586	1.238,840	108,600	14,322	10,000	0,168
S05	0,630	442,850	0,514	104,500	27,300	0,000	151,950	0,189
S06	3,650	42,380	1,367	426,262	35,516	8,660	385,978	3,704
S07	2,840	146,400	1,096	283,400	30,800	7,280	26,550	0,063
S08	1,465	15,774	0,459	138,850	10,878	7,324	244,588	0,489
S09	4,120	222,990	5,987	805,830	143,150	16,720	838,400	3,771
S10	0,505	25,537	4,273	266,210	26,210	17,107	81,108	0,389
S11	4,707	68,750	1,568	481,820	42,802	40,358	223,316	1,600
S12	2,397	254,914	0,865	314,490	24,398	9,876	295,108	0,640
S13	0,245	11,250	0,806	82,750	11,250	0,520	12,000	1,262
S14	2,560	62,420	0,344	272,220	14,600	4,766	610,200	0,756
S15	1,900	120,680	1,419	134,920	27,180	1,040	26,550	0,444
S16	6,035	60,320	1,521	740,480	56,524	39,234	35,672	0,165
S17	3,912	154,470	1,406	481,040	32,198	30,792	566,994	1,172
S18	2,730	388,230	4,874	472,380	90,950	8,020	535,718	3,200
S19	5,010	200,700	1,162	535,000	36,700	60,000	164,200	1,368
S20	0,860	117,653	0,721	78,898	15,411	0,520	26,852	0,514

	Fibra (mg)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Potasio (mg)	Magnesio (mg)	Vitamina C (mg)	Vitamina A (mg)	Vitamina E (mg)
M01	1,860	98,370	3,016	582,470	71,540	4,900	262,000	1,471
M02	1,460	25,697	1,632	426,397	31,946	3,581	1,863	0,737
M03	1,976	34,270	2,139	1.078,230	70,400	26,680	134,560	1,712
M04	3,410	36,737	3,480	440,696	54,280	7,640	261,471	0,427
M05	0,930	70,230	2,092	565,180	43,780	0,360	50,600	0,126
M06	2,925	33,550	1,524	488,500	36,700	10,510	115,900	1,651
M07	2,060	28,510	2,047	690,000	52,930	6,650	0,000	2,755
M08	3,202	43,640	2,106	1.054,720	71,060	15,540	108,700	0,153
M09	2,758	43,306	1,577	403,776	30,116	28,038	528,216	0,652
M10	2,430	61,500	2,301	537,100	39,680	1,800	469,800	1,070

Continuación tabla 12

	Fibra (mg)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Potasio (mg)	Magnesio (mg)	Vitamina C (mg)	Vitamina A (mg)	Vitamina E (mg)
M11	2,942	38,885	2,167	901,625	67,395	16,270	626,970	1,097
M12	2,440	24,902	2,131	541,452	44,097	6,685	0,104	0,678
M13	2,630	27,900	1,694	350,300	45,200	5,640	46,000	0,598
M14	2,560	22,535	1,500	236,440	26,700	4,442	241,945	0,522
M15	2,065	33,332	1,072	537,910	38,270	12,812	86,508	2,450
M16	1,326	21,140	1,052	798,700	37,100	29,040	102,560	2,716
M17	2,760	31,670	1,665	568,600	43,310	9,250	0,000	2,609
M18	3,840	44,830	2,084	545,630	85,900	13,560	38,400	3,148
M19	1,718	45,535	2,815	578,215	45,742	6,923	17,601	0,394
M20	1,388	25,663	2,852	494,870	46,908	6,749	241,471	0,019

	Fibra (mg)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Potasio (mg)	Magnesio (mg)	Vitamina C (mg)	Vitamina A (mg)	Vitamina E (mg)
D01	0,000	150,000	0,120	186,000	16,800	0,480	13,200	0,036
D02	2,190	39,420	0,328	219,000	13,140	54,750	53,655	0,219
D03	0,000	135,000	0,180	144,000	11,700	0,900	43,200	0,189
D04	3,366	8,910	0,594	346,500	37,620	9,900	17,820	0,198
D05	2,190	39,420	0,328	219,000	13,140	54,750	53,655	0,219
D06	3,366	8,910	0,594	346,500	37,620	9,900	17,820	0,198
D07	0,000	157,200	0,120	187,200	16,800	0,000	18,360	0,000
D08	2,451	32,250	0,516	374,100	19,350	76,110	3,870	0,000
D09	2,520	7,560	0,504	151,200	6,300	12,60	5,040	0,252

Tabla 13: Contenido en micronutrientes a limitar para los entrantes (S), los platos principales (M) y los postres (D).

	Sodio (mg)	Colesterol (mg)		Sodio (mg)	Colesterol (mg)		Sodio (mg)	Colesterol (mg)
S01	670,780	4,500	M01	380,180	58,96	D01	64,800	8,400
S02	600,275	73,500	M02	313,108	52,785	D02	3,285	0,000
S03	1,416	0,000	M03	257,280	102,20	D03	62,100	27,900
S04	380,730	0,000	M04	377,279	126,806	D04	0,990	0,000
S05	387,950	51,600	M05	273,090	105,420	D05	3,285	0,000
S06	464,538	48,977	M06	211,500	35,000	D06	0,990	0,000
S07	595,600	10,000	M07	457,450	123,760	D07	58,800	0,000
S08	14,726	0,000	M08	256,840	94,90	D08	5,160	0,000
S09	634,460	4,500	M09	328,474	26,696	D09	2,520	0,000
S10	222,756	33,600	M10	425,680	144,520			

Continuación Tabla 13

	Sodio (mg)	Colesterol (mg)		Sodio (mg)	Colesterol (mg)
S11	164,114	0,000	M11	326,465	51,700
S12	113,718	20,000	M12	445,776	75,733
S13	107,900	13,000	M13	314,8	33,000
S14	295,890	4,20	M14	319,545	33,370
S15	222,640	24,560	M15	331,756	42,000
S16	284,518	0,000	M16	26,12	32,000
S17	540,396	10,000	M17	529,35	65,520
S18	381,960	100,790	M18	454,96	71,50
S19	14,100	0,000	M19	278,364	87,975
S20	130,204	18,241	M20	374,688	126,806

4.1 ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DEL ESTUDIO.

Una vez obtenidas las 3600 combinaciones, se obtuvieron los estadísticos descriptivos siguientes: media, desviación estándar, los valores mínimo y máximo y los coeficientes de variación de cada uno los parámetros estudiados (huella de carbono, precio y nutrientes). En la tabla 14 se muestran dichos estadísticos.

Tabla 14: parámetros estadísticos descriptivos calculados.

	Huella de carbono (kg CO2 eq)	Precio (€)	Calorías (kcal)	Proteínas (kcal)	Grasas (kcal)	Carbohidratos (kcal)	Colesterol (mg)	Sodio (mg)
Media	1,64	2,10	603,01	148,11	213,44	249,31	99,44	668,01
Desviación típica	0,93	1,28	147,19	46,44	89,42	78,81	46,34	240,17
Mínimo	0,46	0,67	294,67	51,89	21,54	55,94	26,70	28,53
Máximo	5,03	6,55	1148,07	283,86	522,18	597,11	273,21	1264,93
Coficiente de variación	57,00	61,13	24,41	31,36	41,89	31,61	46,60	35,95

	Fibra (mg)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Potasio (mg)	Magnesio (mg)	Vitamina C (mg)	Vitamina A (mg)	Vitamina E (mg)
Media	15,87	262,79	4,64	1239,48	113,46	50,78	445,00	2,52
Desviación típica	7,93	182,41	2,10	370,62	40,37	32,89	317,94	1,50
Mínimo	2,35	36,91	1,52	452,60	43,88	0,36	8,02	0,08
Máximo	43,93	956,67	11,66	2691,17	266,67	165,15	1519,03	7,17
Coficiente de variación	49,98	69,41	45,22	29,90	35,58	64,77	71,45	59,43

Como se puede observar en la tabla 14, hay mucha variabilidad en estos parámetros, como indica la alta desviación estándar de las medias de cada parámetro. Esto puede

observarse también en las altas diferencias entre los valores mínimo y máximo calculados. Esto indica que cada menú aporta cantidades muy variables de los diferentes nutrientes, además de tener valores de huella de carbono y precios muy variables.

El coeficiente de variación de los valores de precio y huella de carbono indica que los datos presentan gran variabilidad. Los factores que presentan mayor coeficiente de variabilidad son las vitaminas A y C y el calcio. Los valores con el coeficiente de variación más bajo son el potasio, las calorías, las proteínas y los carbohidratos, lo que indica que los valores de los macronutrientes presentan menor variabilidad que los valores de los micronutrientes.

4.2. ANÁLISIS NUTRICIONAL DE LOS MENÚS

Los valores de aporte calórico se sitúan en su totalidad por debajo del límite superior, y en algunos casos no supera el límite inferior, ya que presenta un valor medio de aporte de $603,01 \pm 147.19$ kcal por menú. Al analizar los macronutrientes se observa que el consumo de grasas está por encima del umbral máximo establecido, presentando valores de 213.44 ± 89.42 kcal y el consumo de carbohidratos se encuentra por debajo del límite inferior establecido, con valores de 249.31 ± 78.81 kcal. El aporte proteico medio se encuentra dentro de los umbrales mínimo y máximo establecido (148.11 ± 46.44 kcal), aunque debido a la variabilidad que presentan los aportes de cada menú, en algunos se supera el límite máximo establecido.

Se comparó cada menú con los valores umbrales establecidos en el apartado 3.5.1 para cada uno de los parámetros estudiados con el fin de determinar el número veces que un plato superaba los umbrales fijados para cada nutriente para un menú determinado, en el caso de los nutrientes cuyo consumo se ha de limitar, o los que no superaban el mínimo establecido, para aquellos nutrientes cuyo consumo se ha de potenciar.

Se agruparon los platos en dos subgrupos, los que incumplían tres o menos de los umbrales establecidos y los que infringían cuatro o más umbrales. En las figuras 4, 5 y 6 se presenta el parámetro "ratio de apariciones", que se define como la cantidad de veces en porcentaje que un plato aparece en menús que incumplen tres o menos umbrales nutricionales, respecto al número de menús en los que aparece.

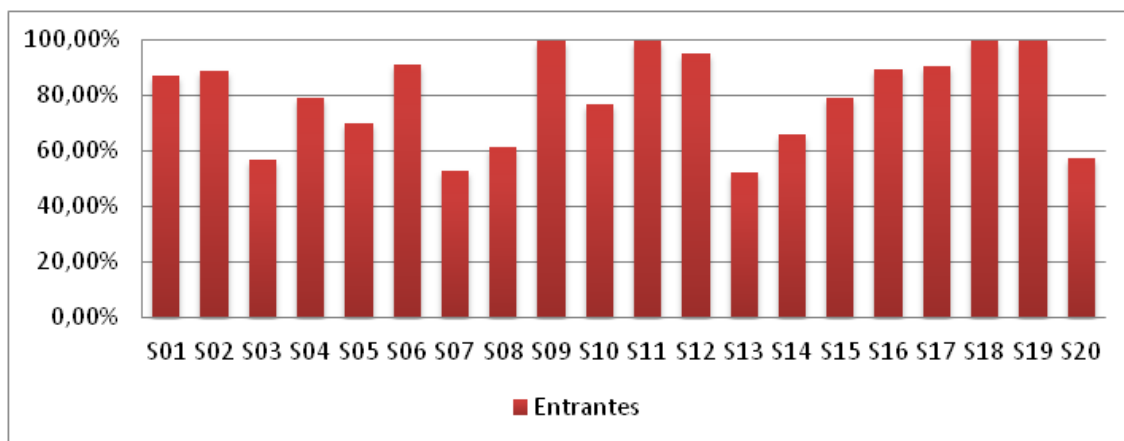


Figura 3: Ratio de apariciones de cada entrante.

En el caso de los entrantes, se puede observar en la figura 3 que todos tienen una ratio de apariciones en los que incumplen menos de cuatro umbrales nutricionales mayor del 50%, y 10 de los 20 entrantes aparecen más del 80% de las veces en dicho grupo. Únicamente los entrantes S03 (ensalada de arroz con manzana), S07 (sopa de cebolla), S13 (arroz hervido con atún y cebolla) y S20 (espagueti con cebolla) aparecen menos del 60 % de las veces en combinaciones que incumplen 3 o menos nutrientes.

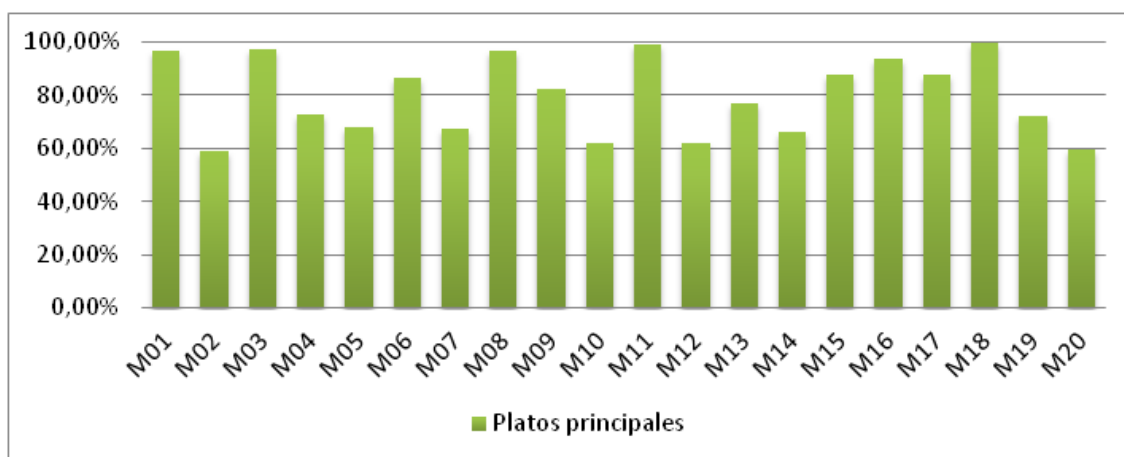


Figura 4: Ratio de apariciones de cada plato principal.

De los platos principales, tal como se muestra en la figura 4, únicamente dos tienen una ratio de apariciones por debajo del 60 %, el plato principal M02 (chuleta de cerdo con patatas hervidas) y el M20 (pollo plancha con patata asada), y de nuevo 10 de los 20 platos principales considerados aparecen más del 80 % de las veces en combinaciones que incumplen 3 o menos umbrales.

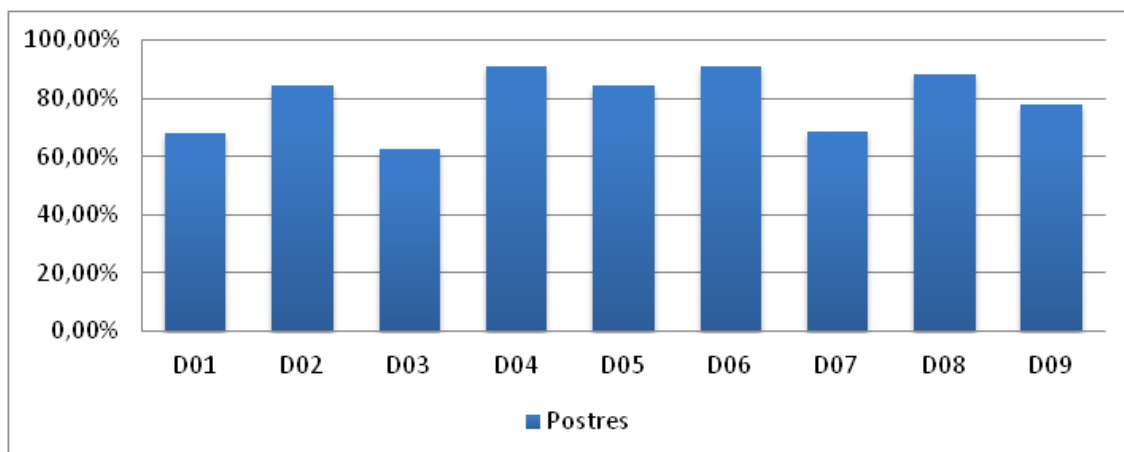


Figura 5: Ratio de apariciones de cada postre.

En cuanto a los postres, como se muestra en la figura 5, todos sus ratios se sitúan por encima del 60%, y 5 de los 9 postres están por encima del 80% de apariciones. El postre que tiene una ratio más baja es el postre D03 (helado), con una ratio del 62.5%.

Con el fin de explicar mejor los resultados obtenidos en cuanto a las ratios de apariciones se compararon los incumplimientos referentes a cada nutriente, considerando de

manera separada los nutrientes con límites a superar y aquellos cuyos límites no debían ser superados. Estos datos se representan en las figuras 6 y 7.

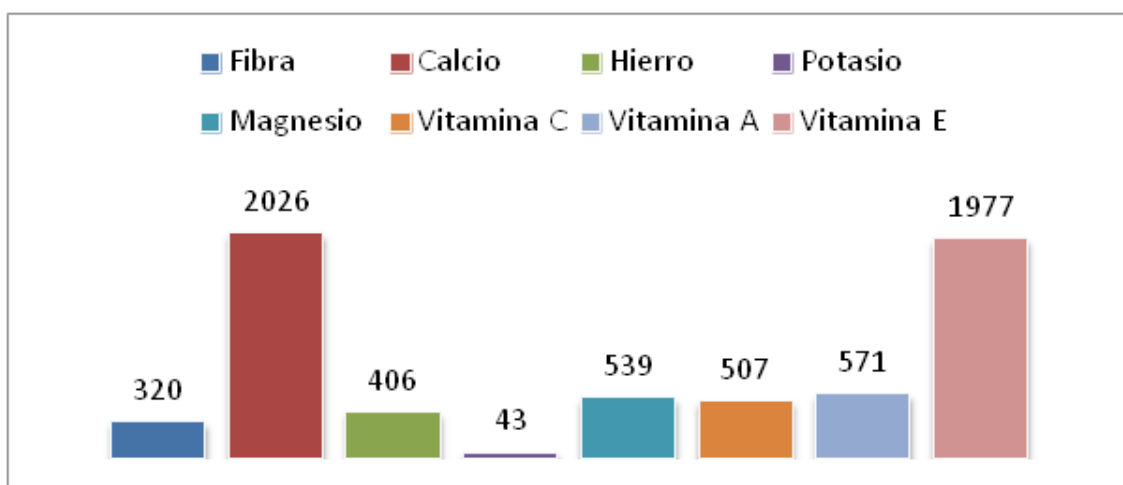


Figura 6: Número de menús en los que cada micronutriente no supera los umbrales establecidos como límites mínimos.

Se puede observar en la figura 6 que en el caso de los nutrientes cuyo consumo se debe superar, hay dos nutrientes cuyo contenido es demasiado bajo. En primer lugar, en 2026 menús la aportación de calcio no es suficiente para superar los umbrales establecidos, lo cual nos indica que en el 56% de los menús este umbral no sería satisfecho.

Algo parecido ocurre con la vitamina E, que en 1977 ocasiones su aportación, según los límites que se establecieron, es insuficiente, lo que constituye un 55% de los menús.

De los nutrientes anteriormente representados, el que presenta menor cantidad de incumplimientos es el potasio, que únicamente en el 1% de los menús no es aportado correctamente. El resto de nutrientes presentan cantidades de incumplimientos similares, ya que de todos ellos son aportados de manera insuficiente entre el 11% y el 16% de las ocasiones en las que aparecen.

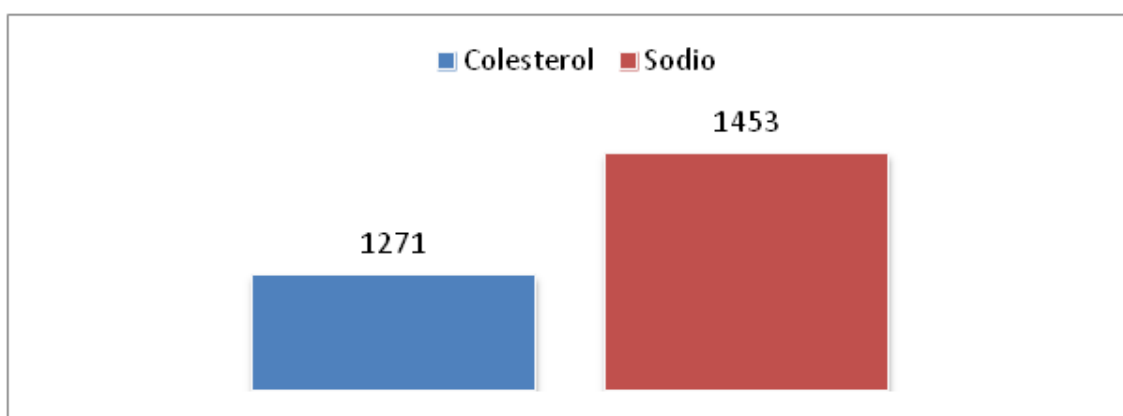


Figura 7: Número de menús en los que el contenido en micronutrientes supera el umbral establecido como límite máximo.

Por otro lado, en cuanto a los nutrientes cuyo consumo debe ser limitado, se puede ver en la figura 7 que en gran cantidad de menús en los que superan los límites de consumo establecido, siendo en el caso del colesterol un 35% de los menús, y en el del sodio el 40% de los menús en los cuales el aporte de estos nutrientes es excesivo según los umbrales establecidos.

Tras analizar los aportes de cada nutriente, los bajos aportes de calcio y vitamina E pueden ser suplidos en otras comidas, como el desayuno, el almuerzo y la merienda, con el aporte de alimentos de tipo lácteo para compensar el calcio (Toquero et al., 2005) y recomendando el aderezo de ensaladas y bocadillos con aceites vegetales (Toquero et al., 2005) ricos en vitamina E. Los aportes excesivos de sodio y colesterol se deberían reducir en una futura reconfiguración de los menús, para aportar estos nutrientes de manera reducida.

4.3. HUELLA DE CARBONO Y PRECIO DE CADA MENÚ

Para el análisis de la huella de carbono y el precio de cada plato se establecieron unos umbrales, como se explicó en el apartado 3.5.1 de este documento, a partir de los valores medios calculados para precio y huella de carbono. En la Figura 8 se representan el precio unitario por plato frente a su huella de carbono o.

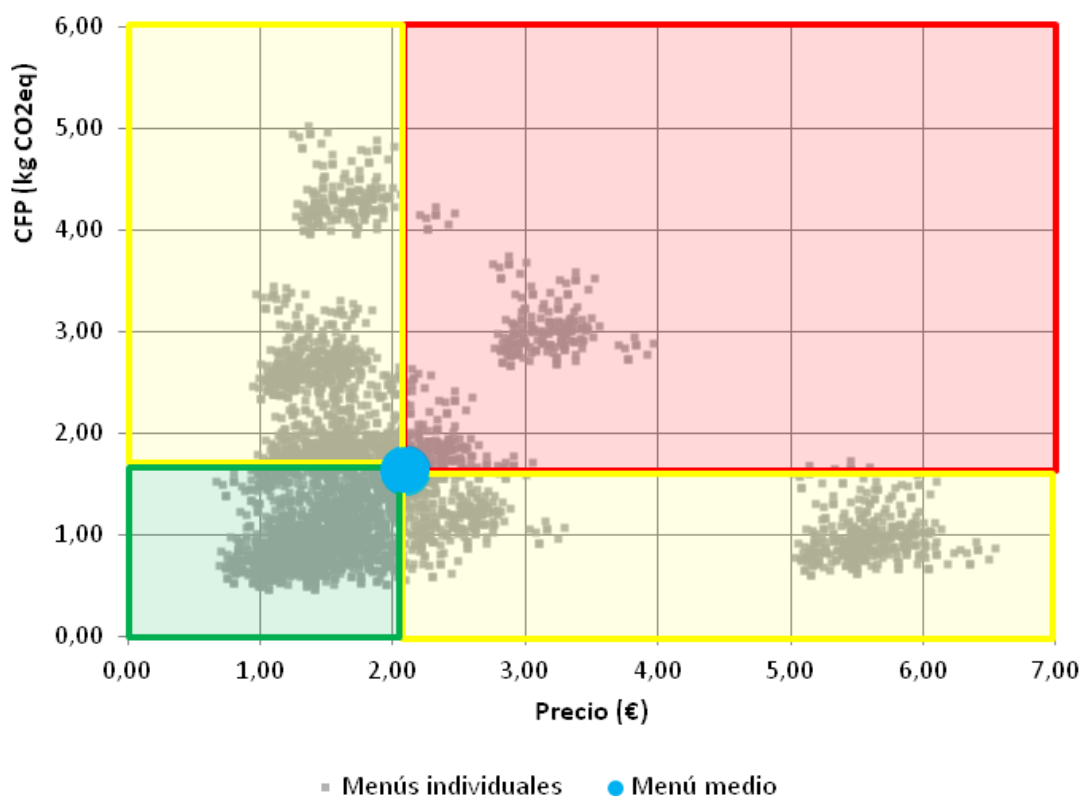


Figura 8: Huella de carbono y precio de cada menú.

En la figura 8 se puede observar que quedan claramente delimitadas cuatro regiones de datos. La región marcada de color rojo, es la región en la que se encuentran los menús que

superan los valores medios de huella de carbono y precio, por lo tanto sería recomendable descartarlos o limitarlos en la configuración final de los menús.

Las zonas marcadas en amarillo son las zonas en las que uno de los dos parámetros tiene valores por encima del umbral impuesto. En la zona que presenta valores altos de huella de carbono, se encuentran los menús que son viables desde el punto de vista económico, pero que superan los valores medios de impacto, por lo que serían descartadas. La zona que presenta altos valores de precio, contiene los menús que serían respetuosos con el medio ambiente, en términos de cambio climático, pero inviables desde el punto de vista económico, debido al alto precio que supondrían mensualmente.

Por último, en la zona verde se encuentran representados los menús que estarían por debajo de los umbrales de huella de carbono y precio, siendo opciones económicamente asequibles para la empresa y los consumidores, así como medioambientalmente respetuosas, considerando únicamente el impacto producido por la huella de carbono. Estas opciones serían las que realmente son viables a la hora de la configuración final de los menús.

Como se puede observar, el 43% de los menús se encuentran por debajo de los umbrales establecidos, lo que supone que existen 1531 posibles menús a considerar a la hora de determinar los menús para un mes.

Al analizar los datos, encontramos una distribución de estos en cuatro nubes claramente diferenciadas. Se observa una nube central, en la que se encuentran el 79% de los datos, y tres nubes alrededor de esta, con una separación respecto a la nube central. En estas tres nubes se ven combinaciones inviables, ya que están representadas en las zonas de mayor huella de carbono (4.44%), mayor precio (10.00%) y en la región en la que se juntan estas dos características (6.14%), por lo que son directamente descartadas.

4.3.1. Platos en los menús considerados viables.

A partir de la representación de huella de carbono frente a precio de los menús y establecidas las regiones de acuerdo con los umbrales, se descartan los menús situados en las regiones de menús inviables por sus valores de huella de carbono y precio. Tras esto, se puede extraer información acerca de cuáles son los que más aparecen, por lo que se puede determinar cuáles serán los que mejor se adaptarán a los umbrales si se realizara un menú mensual únicamente con dichos platos.

Al analizar los menús, los platos que aparecen con más frecuencia en las combinaciones viables serán los más interesantes a la hora de la elaboración de futuros menús. A continuación, se recoge gráficamente la proporción de apariciones de dichos platos en los menús o combinaciones consideradas como válidas tras aplicar los umbrales de huella de carbono y precio.

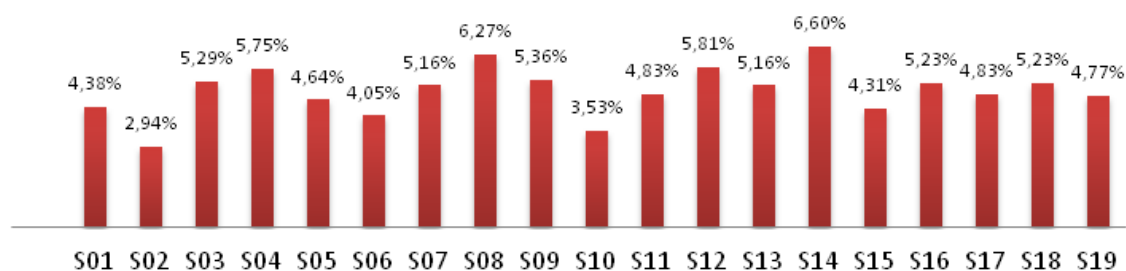


Figura 9: Proporción de apariciones de los entrantes en los menús válidos en cuanto a precio y huella de carbono.

En la figura 9 se observa que todos los entrantes aparecen en los menús configurados, lo cual indica que no es necesario eliminar ninguno de ellos a la hora de considerar una posible recombinación de los platos que presenten valores de huella de carbono y precio iguales o menores que los máximos establecidos.

Los entrantes que con más frecuencia más aparecen en menús considerados como válidos son la ensalada de macarrones (S08) y la crema de zanahoria (S14). En el caso de la ensalada, los valores moderados de kg de CO₂ eq. y de precio hacen que predomine sobre el resto a la hora de comparar ratios de aparición en menús válidos. El caso de la crema de zanahoria es algo distinto, ya que tiene un valor de precio moderadamente bajo, pero un valor de kg de CO₂ eq. muy bajo respecto al resto de opciones.

Tras la ensalada de macarrones y la crema de zanahoria, los entrantes con mejor ratio de aparición en combinaciones validas son los espaguetis con cebolla (S20), la ensalada de lechuga y pasas (S12) y las patatas hervidas con lentejas (S04). Estos platos son especialmente interesantes, ya que además de sus características económicas y medioambientales, excepto el espagueti con cebolla, todos aparecen un 60% de veces o más en las combinaciones favorables nutricionalmente, destacando la ensalada de lechuga y pasas que aparece en un 95 % de las combinaciones favorables.

Por el contrario, los platos con menor ratio de apariciones son la ensalada California (S02) y los mejillones en salpicón (S10), seguidos por la ensaladilla rusa con aceite (S06), la pasta boloñesa (S15) y los guisantes con jamón (S01). Nutricionalmente, estos platos son de los que más apariciones tienen en los menús favorables, ya que tienen ratios de aparición de entre el 75% y el 90%.

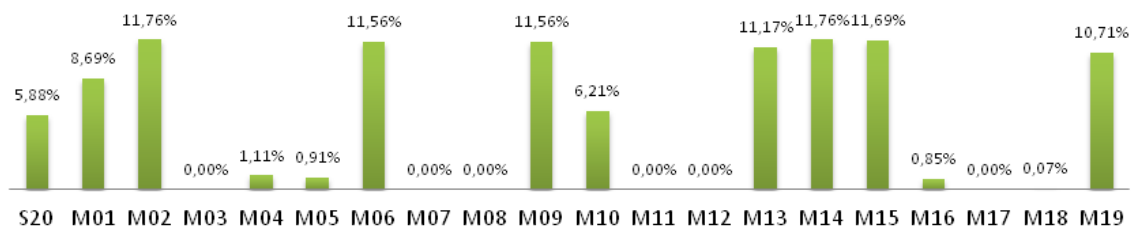


Figura 10: Proporción de apariciones de los platos principales en los menús válidos en cuanto a precio y huella de carbono.

En cuanto a los platos principales, se puede observar en la figura 10 que ciertos platos no aparecen en los menús considerados como válidos económica y medioambientalmente. Estos platos son caballa con tomate asado (M03), hamburguesa con patatas fritas (M07), jurel con tomate y cebolla (M08), atún al papillote (M11), albóndigas al horno con jamón (M12), bistec plancha con cebolla (M17) y bacalao con verduras (M18).

Estos platos, excepto la hamburguesa con patatas fritas y las albóndigas con jamón, muestran valores favorables en cuanto a su contenido nutricional, ya que todos aparecen entre el 86 y el 100% en menús nutricionalmente favorables. Esto está relacionado con el encarecimiento de los platos debido al alto precio de las materias primas, como son el caso de la caballa, el jurel y el atún, o con la alta huella de carbono de dichas materias primas, como es el caso del atún o el bistec.

En cuanto a los platos principales que más veces aparecen en los menús considerados como válidos, se encuentran la chuleta de cerdo con patatas hervidas (M04), el pollo con verduras (M14), y la trucha a la cazuela (M15), platos nutricionalmente interesantes, ya que los ratios de aparición en menús nutricionalmente buenos oscilan entre el 66% y el 88%. A estos les siguen la trucha en salsa de tomate (M06), el pollo a la naranja (M09) y el bacalao a la vizcaína (M13), cuyas ratios de aparición en menús nutricionalmente correctos están entre el 76% y el 87%.

El caso del bacalao con verduras es especial, ya que no encarece demasiado el plato, y tampoco presenta grandes valores de huella de carbono asociados, pero al tener valores de huella de carbono mayores que el resto de platos presentan, al añadir impacto y precio del entrante y el postre, hacen que los posibles menús que se den excedan los umbrales del estudio. Podría ser aceptable su inclusión en los menús en el caso de que se controle su combinación con el entrante y el postre, ya que su aporte nutricional es el mejor de los platos principales contemplados y de los 5 mejores respecto del total de platos, junto con las espinacas hervidas (S09), los mejillones en salpicón (S10), la quiche de espinacas y queso (S18) y el brócoli con aceite y limón (S19).

El bacalao a la vizcaína (M13) presenta valores muchos mayores de huella de carbono y precio que el bacalao con verduras. La razón de este hecho viene dada por la guarnición que acompaña al plato. El bacalao con verduras incluye guisantes congelados en su receta, lo que aumenta considerablemente el impacto y el precio del plato. Esto explica que el bacalao a la vizcaína tenga una buena ratio de apariciones en las combinaciones viables, mientras que la

cantidad de apariciones del bacalao con verduras es extremadamente baja (solo aparece una vez, combinado con ensalada de macarrones y yogur natural).

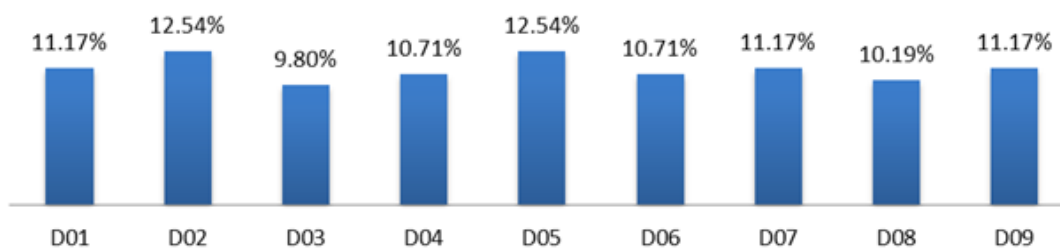


Figura 11: Proporción de apariciones de los postres en los menús válidos en cuanto a precio y huella de carbono

Por último, en el caso de los postres, se puede observar en la figura 11 que todos aparecen en proporciones parecidas, pues solo se han tenido en cuenta nueve postres con huella de carbono y precio parecido, con valores medios de 0.145 kg CO₂ eq y 0.257 €, por lo que todos son válidos para una futura configuración de nuevos menús a partir de los actuales.

Los postres que mayor ratio de apariciones presentan son las naranjas (D02) y las fresas (D05). Estas frutas presentan los valores más bajos en cuanto a su huella de carbono de entre todos los alimentos del estudio (0.041 kg eq. CO₂/ración, tanto para la naranja como para la fresa). Además, desde el punto de vista nutricional, aparecen en un 85% en las combinaciones factibles nutricionalmente.

Por el contrario, el helado (D03) esta lógicamente en la posición más desfavorable, ya que debido a la complejidad de su proceso de producción y a sus requerimientos de almacenamiento, su precio (0.404 € por ración) y su huella de carbono (0.198 kg CO₂ eq. por ración) son superiores a los valores medios de huella de carbono y precio de los postres (0.145 kg CO₂ eq y 0.257 €) Además, también es el postre nutricionalmente más desfavorable, ya que aun apareciendo en el 62% de los casos en combinaciones nutricionalmente buenas, es el que menor ratio de aparición muestra. Sin embargo, se considera importante su inclusión en los menús diseñados, tratándose el público objetivo de niños en edad escolar.

El postre peor considerado tras el helado es el kiwi (D08). La razón de esto viene dada por los altos valores de huella de carbono, pues se han considerado kiwis de nueva Zelanda con el consiguiente impacto del transporte, y a su precio. Sin embargo, nutricionalmente presenta un ratio de apariciones del 85% en menús nutricionalmente aptos, y al ser valores similares al resto de los postres, es considerado como una opción factible a incluir en futuros menús.

Los menús que presentaban valores de huella de carbono y precio por encima de los umbrales establecidos se excluyeron, y se procedió a analizar los menús resultantes con respecto a huella de carbono y precio de los mismos. La figura 12 muestra la representación gráfica de los menús resultantes del filtrado.

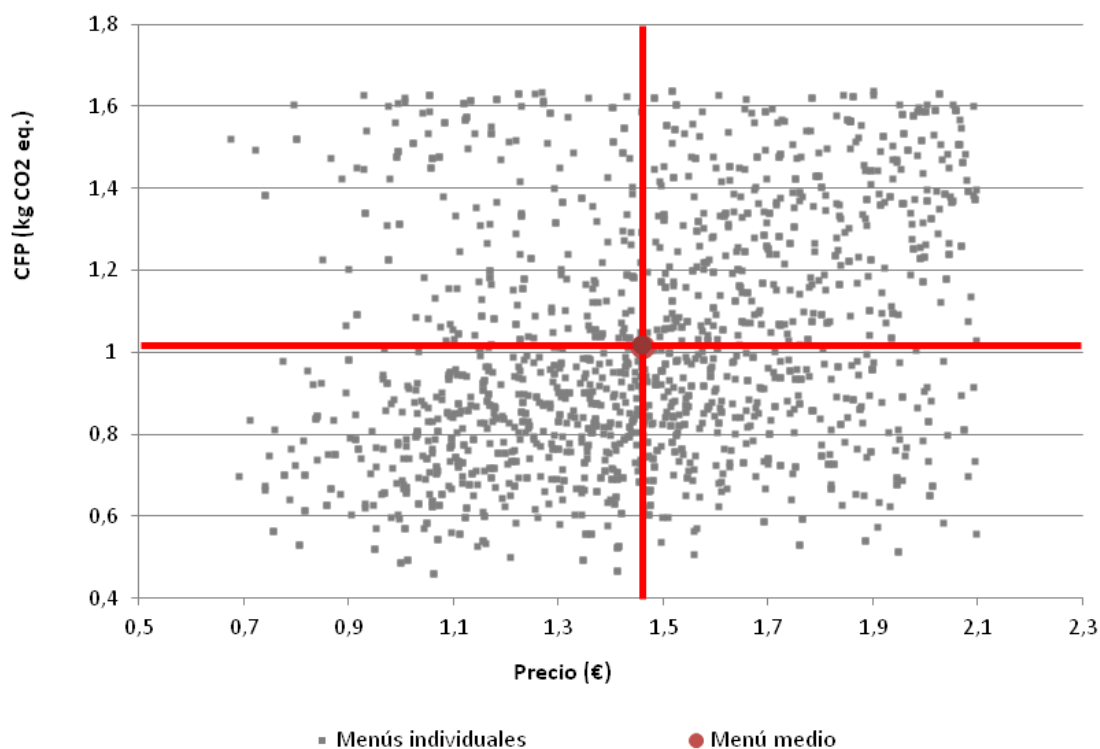


Figura 12: Representación grafica de los menús tras el filtrado.

Cómo se puede observar en la figura 12, los menús se distribuyen alrededor del menú medio de un modo uniforme. Los valores de la media han disminuido, situándose ahora en un valor medio de huella de carbono de 1.014 kg CO₂ eq., y en un valor medio de 1.46 € en el caso del precio. Los parámetros estadísticos descriptivos se muestran en el siguiente apartado.

4.3.2 Estadísticos descriptivos de los menús viables.

Tras analizar los 3600 menús iniciales y una vez se han establecido los menús aptos de acuerdo con los valores establecidos, se recalcularon tanto la media como los parámetros estadísticos descriptivos, mostrados a continuación en la tabla 15

Tabla 15: Parámetros estadísticos descriptivos principales para los 1531 menús resultantes tras el filtrado.

	Huella de carbono (kg CO2 eq)	Precio (€)	Calorías (kcal)	Proteínas (kcal)	Grasas (kcal)	Carbohidratos (kcal)	Colesterol (mg)	Sodio (mg)
Media	1,01	1,46	20,28	29,19	539,57	117,94	251,71	250,91
Desviación típica	0,30	0,32	5,99	6,45	131,15	36,45	78,78	163,50
Mínimo	0,46	0,67	9,17	13,49	294,67	51,89	83,64	38,30
Máximo	1,64	2,10	32,73	41,93	1038,07	271,05	566,15	901,60
Coficiente de variación	29,70	21,92	29,54	22,10	24,31	30,91	31,30	65,16

	Fibra (mg)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Potasio (mg)	Magnesio (mg)	Vitamina C (mg)	Vitamina A (mg)	Vitamina E (mg)
Media	179,30	15,69	76,89	4,39	634,05	1100,19	103,41	49,55
Desviación típica	74,12	7,96	41,00	2,16	220,08	332,32	39,91	32,54
Mínimo	59,97	3,41	26,70	1,54	43,37	452,60	43,88	2,28
Máximo	445,66	42,10	253,71	11,39	1124,94	2195,41	252,31	164,15
Coefficiente de variación	41,34	50,73	53,32	49,20	34,71	30,21	38,59	65,67

Como se puede observar en la figura 15, la variabilidad de los datos es mucho menor de la que se refleja en los estadísticos calculados antes del filtrado, mostrados en la tabla 14. Esto nos lo indica la desviación estándar, que presenta valores mucho más bajos, además de los valores mínimo y máximo, que son mucho más cercanos a la media.

En cuanto al coeficiente de variación, se observa un descenso marcado en los valores que anteriormente mostraban mayores valores de variabilidad, como son el caso de las vitaminas A y C, que reducen sus coeficientes de 71.45 y 64.77 a 38.59 y 30.21 respectivamente, y el calcio, cuyo coeficiente de variación se reduce de 69.41 a 50.73. El valor medio de los coeficientes de variación se ve reducido de 47.23 a 38.67.

5 CONCLUSIÓN

De la realización del presente TFG se ha extraen las siguientes conclusiones:

Al proporcionar información ambiental (huella de carbono) y nutricional a los consumidores, considerar únicamente una cantidad de un alimento aislado no es adecuado, ya que las dietas están constituidas de diferentes tipos de alimentos combinados en cantidades variables, y esas combinaciones son las que hacen que un menú sea aceptable bajo los puntos de vista nutricional y/o ambiental.

Otro aspecto importante a tener en cuenta al elaborar menús es el precio. El estudio conjunto de la huella de carbono y el precio permite determinar que menús son factibles desde ambos puntos de vista. Los 3600 menús iniciales presentaron una huella de carbono media de 1.64 kg CO₂ eq y un precio medio de 2.10 €. Tras la selección con los criterios establecidos, se obtienen un total de 1531 posibles menús. La huella de carbono de los menús seleccionados pasa a ser de 1.01 kg CO₂ eq y su precio de 1.46 €.

Como conclusión final, señalar que es posible diseñar menús escolares que sean nutricionalmente aceptables, económicamente viables y que contribuyan a reducir los efectos del cambio climático.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andersson, K., Ohlsson, T. 1999. LCA of Bread produced on different scales.

Aranceta Bartrina J, Serra Majem Ll. en nombre del Grupo de Trabajo sobre Guías Alimentarias para la Población Española. 2001. Recomendaciones alimentarias para la población infantil. Sociedad Española de Nutrición Comunitaria. Guías alimentarias para la población española. Madrid: SENC.

Bender DA. 2003. Nutritional Biochemistry of the Vitamins (2ª ed). Cambridge University Press.

BSI 2008a PAS 2050:2008. Specification for the assessment of the cycle greenhouse gas emissions of goods and services. British Standards Institution, London, UK.

BSI 2008b Guide to PAS 2050. How to assess the carbon footprint of goods and services. British Standards Institution, London, UK.

BSI 2011 PAS 2050:2011. Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. British standards institution, London, UK.

Canevari, M., K.M. Klonsky, and R.L. De Moura. 2007. Sample Costs to Produce Rice (Continuous Rice Culture), Delta Region of San Joaquin & Sacramento Counties, San Joaquin Valley North 2007. University of California Cooperative Extension, Davis, CA.

Carbon Trust. 2007. Carbon management case study - University of Sussex (CTS036). Carbon Trust. Londres.

Carlson, H.L., Klonsky, K.M., Livingston, P. 2008. Sample Costs to Produce Potatoes Fresh Market: Klamath Basin in the Intermountain Region. PO-IR-08-1, University of California Cooperative Extension.

Carlsson-Kanyama, A. 2004. Diet, Energy and Greenhouse Gas Emissions.

Deulofeu R, Olmedilla Alonso B. 2006. Vitaminas, Vol.2 – Liposolubles

Deulofeu R, Vilaseca MA, Pastor MC. 2005 Vitaminas, Vol.1 – Hidrosolubles. Sociedad Española de Bioquímica Clínica y Patología Molecular (SEQC). Barcelona.

Dutilh, C.E. and Kramer, K.J. (2000), Energy Consumption in the Food Chain. Comparing alternative measures in food production and consumption. *Ambio* Vol. 29 No 2.

FAO (Food and Agricultural Organization) 2000. Global impact domain: Methane Emissions. <http://www.fao.org/WAIRDOCS/LEAD/X6116E/X6116E00.HTM>

Gan, Y., Liang, C., Hamel, C., Cutforth, H., Wang, H. 2011. Strategies for reducing the carbon footprint of field crops for semiarid areas. A review.

Garcia-Suarez, T.; 2008. Greenhouse Gas Assessment of Ben&Jerry's ice-cream: communicating their "climate footprint".

Global Forum on Trade “Trade and Climate Change”, OECD Conference Centre, Paris 9 – 10 June. Simon Bolwig, DTU Climate Centre at Risø

Glosario técnico. FAO. <http://www.fao.org/climatechange/65923/es/> Consultado por última vez en 16 de Julio de 2014.

Hospido, A., Milà i Canals, L., McLaren, S., et al. (2008) The role of seasonality in lettuce consumption: a case study of environmental and social aspects, *Int. J. Life Cycle Assess*, Vol. 14, pp. 381-391.

<http://www.environdec.com/en/EPD-Search/>

<http://www.innerbody.com/nutrition/micronutrients>. Last Access: October 2014.

IPCC (2006). 2006 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC. Ginebra.

IPCC (2007). Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC. Ginebra.

Iribarren, D., Vazquez-Rowe, I., Hospido, A., Moreira, M.T., Feijoo, G.. 2011. Updating the carbon footprint of the Galician fishing activity (NW Spain)

Iribarren, D., Vazquez-Rowe, I., Hospido, A., Moreira, M.T., Feijoo, G.. 2011. Estimation of the carbon footprint of Galician fishing activity (NW Spain)

J. Gallo, F.Llobera, A. Morilla. 2012. Experiencia piloto de cálculo huella de carbono y huella laboral en productos agroalimentarios. Una valoración sindical.

Jungbluth, N., Tietje, O. y Scholz, R. 2000. Food Purchases: Impacts from consumers view investigated with a modular LCA.

Lindenthal, T., Markut, T., Hortenhuber, S., Rudolph, G., Hanz, K. 2010 Klimabilanz von Produkten: Klimavorteile erneut nachgewiesen, (in: *Natur und Umwelt*, 153,1 2010, Ökologie und Landbau)

Martínez, J.R., García, R., Villarino, A., Serrano, L., Marrodan, M.D. 2011. Encuesta nacional sobre comedores escolares y demanda de dietas especiales.

Meier, T., Christen O. 2012. Gender as a factor in an environmental assessment of the consumption of animal and plant-based foods in Germany.

Meier, T., Christen, O. 2012. Environmental Impacts of Dietary Recommendations and Dietary Styles: Germany As an Example.

Milà i canals, L., Muñoz, I., Hospido, A., Plassmann, K., McLaren, S. 2008. Life Cycle Assessment (LCA) of Domestic vs. Imported Vegetables. Cases studies on broccoli, salad crops and green beans.

Nemecek T. Dubois D., Huguenin-Elie O., Gaillard G. 2011. Geographical extrapolation of environmental impact of crops by the MEXALCA method. Unilever-ART project no. CH-2009-0326 "Carbon and Water Data for Bio-based Ingredients": final report of phase 2: Application of Method and Results,

Neus Sanjuán, Grupo ASPA. Departamento de Tecnología de Alimentos. Universitat Politècnica de Valencia. Personal Communication. July 2014.

Nilsson, K., Flysjö, A., Davis, J., Sim, S., Unger, v, Bell, S. 2010. Comparative life cycle assessment of margarine and butter consumed in the UK, Germany and France.

Núñez, Y., Feroso, J. 2005. Comparative life cycle assessment of beef, pork and ostrich meat: a critical point of view.

Nutter D. W., Kim D., Ulrich R., Thoma G. 2013. Greenhouse gas emission analysis for USA fluid milk processing plants: Processing, packaging, and distribution.

OECD. 1997. CO2 Emissions from Road Vehicles. Expert group on the UN Framework Convention on Climate Change.

Organización Mundial de la Salud. 2003. Cambio climático y salud humana: riesgos y respuestas: Resumen.

Pinto J.A., Carbajal A. Nutrición y Salud. 2003. Servicio de Educación Sanitaria y Promoción de la Salud. Instituto de Salud Pública. Consejería de Sanidad.

Proyecto piloto "Best-Alliance", Früherdbeeren der REWE Group, 2009

Roy, P., Nei, D., Orikasa, T., Xu, Q., Okadome, H., Nakamura, N., y Shiina, T. 2009. A review of life cycle assessment (LCA) on some food products.

Rucker RB, Suttie JW, McCormick DB, Macland LJ. 2001. Handbook of Vitamins (3ª ed). Marcel Dekker, Basel (Switzerland).

Sanjuán, N., Stoessel, F., Hellweg, S. 2013. Closing Data Gaps for LCA of Food Products: Estimating the Energy Demadn of Food Processing.

Sardesai VM. 1998. Water soluble vitamins (Chapter 9). En: Introduction to clinical nutrition. Sardesai VM (Ed). Marcel Dekker, New York.

Sociedad Española de Bioquímica Clínica y Patología Molecular (SEQC). Barcelona.

Stehfest, E., Bouwman, L., Van Vuuren, D. P., Den Elzen, M. G. J., Eickhout, B., & Kabat, P. (2009), Climate benefits of changing diet.

Stoessel, F., Juraske, R., Pfister, S., Hellweg, S. 2012. Life Cycle Inventory and Carbon and Water Footprint of Fruits and Vegetables: Application to a Swiss Retailer

Stuart, T. 2011. Despilfarro, el escándalo global de la comida. Alianza editorial, Madrid.

Terreros, J.L., Gutiérrez, F., Aznar, S., Elías, V., González, M., Ibáñez, J., Lara, T., López, F.J., Maldonado, S., Merino, B., Naranjo, J., Terrados, N., Gerardo, J. 2009. Plan Integral para la actividad física y el deporte.

Toquero de la Torre, F, Zarco Rodríguez, J, Aranceta Bartrina, J, Gil Canalda, I, Mantilla Morató, T, Piñeiro Guerrero, R, Suárez González, F. 2005. Guía de Buena Práctica Clínica en el Consejo Dietético. Madrid: SENC.

Torrellas, M., Antón, A., López, J.C., Baeza, E.J., Pérez-Parra, J., Muñoz, P., Montero, J.I. 2012. LCA of tomato crop in a multi-tunnel greenhouse in Almeria.

Tukker, A., Bausch-Goldbohm, S., Verheijden, M., De Koning, A., Kleijn, R., Wolf, O., & Perez Dominguez, I. (2009), Environmental impacts of diet changes in the EU.

UNED. Guía de Alimentación y Salud. 2014. Facultad de Ciencias. Nutrición y Dietética. <http://www.uned.es/pea-nutricion-y-dietetica-l/guia/presentacion/index.htm?ca=n0>. Última consulta 03/07/2014.

UNE-EN ISO 14040:2006. Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework.

UNIDO. Pollution from food processing factories and environmental protection. Capítulo 25. Recuperado en Diciembre de 2012 desde <http://www.unido.org>

Van Dooren, C., Marinussen, M, Blonk, H., Aiking, H., Vellinga, P. 2013. Exploring dietary guidelines based on ecological and nutritional values: A comparison of six dietary patterns.

Vanclay, J., Shortiss, J., Aulsebrook, S., Gillespie, A.M., Howell, B.C., Johanni, R., Maher, M.J., Mitchell, K.M., Stewart, M.D., Yates, J. 2010. Customer Response to Carbon Labelling of Groceries.

Varela, G., Ávila, J.M., Cuadrado, C., Del Pozo, S., Ruiz, E., Moreiras, T. 2008. Valoración de la Dieta Española de acuerdo al Panel de Consumo Alimentario. Federación Española de Nutrición (FEN)

Varela, G., Requejo, A., Ortega, R., Zamora, S., Salas, J., Cabrerizo, L., Aranceta, J., Avila, J.M., Murillo, J.J., Belmonte, S., Sánchez, J., Ordovás, J.M., Gil, A., Farré, R., Troncoso, A. 2013. Libro Blanco de la Nutrición en España. Federación Española de Nutrición (FEN)

Vieux, F., Darmon, N., Touazi, D., Soler, L.G. 2012. Greenhouse gas emissions of self-selected individual diets in France: Changing the diet structure or consuming less?

Vringer, K., Benders, R., Wilting, H., Brink, C., Drissen, E., Nijdam, D. and Hoogervorst, N. 2010. A Hybrid Multi-region Method (HMR) for Assessing the Environmental Impact of Private Consumption. *Ecological Economics*, 69: 2510–2516.

Weber, C.L., Matthews, H.S. 2008. Food-Miles and the Relative Climate Impacts of Food Choices in the United States.

Wilson, R., Riggs, W., Klonsky, K.M., Livingston, P., De Moura, R.L. 2011. Sample costs to produce onions, Intermountain Region - Tulelake & Klamath Basins, University of California cooperative extension.

World Health Organization (WHO). 2011. Nutrient Profiling. Report of a WHO/IASO technical meeting.