

Curso 2009/10
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS/43
I.S.B.N.: 978-84-7756-997-8

JOSÉ MARÍA CABALLERO MESA

**Estudio toxicológico, higiénico-sanitario
y nutricional del gofio canario**

Directores

**ARTURO HARDISSON DE LA TORRE
CARMEN RUBIO ARMENDARIZ**



SOPORTES AUDIOVISUALES E INFORMÁTICOS
Serie Tesis Doctorales

A mis abuelos fallecidos
Virgilio, Tomás y Josefina,
in memoriam.

A mi abuela María M. Albertos,
por todas sus enseñanzas recibidas.

ÍNDICE.

1. AGRADECIMIENTOS.	3
2. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.	5
3. REVISIÓN Y ANTECEDENTES.	8
3.1. El gofio a lo largo de la Historia de Canarias.	8
3.2. Proceso de elaboración del gofio.	13
3. 2.1. Recepción de la materia prima.	15
3. 2. 2. Almacenamiento.	15
3. 2. 3. Limpieza del grano crudo.	16
3. 2. 4. Tostado.	16
3. 2. 5. Enfriamiento.	19
3. 2. 6. Limpieza del cereal tostado.	20
3. 2. 7. Molienda.	20
3. 2. 8. Envasado y/o venta	22
3.3. Importancia nutricional del Gofio.	23
3.4. El perfil sensorial del gofio.	30
3.4.1. Aspecto visual del gofio y sus colores.	31
3.4.2. Los olores del gofio.	33
3.4.3. Los sabores del gofio.	33
3.5. Características higiénico-sanitarias de las industrias elaboradoras de gofio. El Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico (APPCC).	35
3.6. Etiquetado de los envases de gofio.	47
3.7. Metales esenciales y tóxicos, su regulación en los alimentos.	49
Importancia en los cereales.	
3.7.1. Metales esenciales.	49
3.7.1.1. Macroelementos: sodio, potasio, calcio y magnesio.	50
3.7.1.2. Microelementos: cobre, hierro, zinc y manganeso	55
3.7.2. Metales tóxicos.	62
3.7.3. Regulación en los alimentos e importancia en los cereales.	66
4. MATERIAL Y MÉTODOS.	73
4.1. Situación de las industrias productoras de gofio y estudio de su maquinaria.	73
4.2. Estudio de las condiciones higiénico-sanitarias del sector.	73
4.3. Estudio del etiquetado de los envases.	74
4.4. Implantación del Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico.	75
4.5. Estudio organoléptico.	76
4.6. Determinación de macronutrientes y estimación de la ingesta de vitaminas.	78
4.7. Determinación de elementos metálicos.	78
4.7.1. Instrumental.	79
4.7.2. Tratamiento de muestras.	79
4.7.3. Procedimiento analítico para la determinación de plomo y	80

cadmio.	
4.7.4. Procedimiento analítico para la determinación de sodio, potasio, calcio y magnesio.	81
4.7.5. Procedimiento analítico para la determinación de cobre, hierro, zinc y manganeso.	82
4.8. Análisis de datos y estimación de la ingesta de elementos metálicos.	
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	84
5.1. Localización de las industrias elaboradoras de gofio.	84
5.2. Tecnología utilizada por las industrias elaboradoras de gofio.	87
5.3. Condiciones higiénico-sanitarias.	94
5.4. Estudio del etiquetado.	94
5.5. Implantación del sistema APPCC.	101
5.5.1. Evaluación de las condiciones generales de higiene o prerrequisitos a la implantación del Sistema.	101
5.5.2. Implantación del APPCC y evaluación.	103
5.6. Características organolépticas del Gofio.	111
5.7. Estudio de macronutrientes y estimación de la ingesta de vitaminas.	115
5.8. Niveles de los macroelementos: sodio, potasio, calcio y magnesio.	117
5.8.1 Niveles de sodio en función del tipo de gofio y la adición de sal.	120
5.8.2 Niveles de potasio en función del tipo de gofio.	126
5.8.3 Niveles de calcio en función del tipo de gofio.	133
5.8.4 Niveles de magnesio en función del tipo de gofio.	135
5.8.5 Efectos de los tratamientos en los niveles de sodio, potasio, calcio y magnesio.	137
5.8.6 Estimación de la ingesta y comparación de los resultados con otros autores.	153
5.9. Niveles de los microelementos: cobre, hierro, zinc y manganeso.	156
5.9.1 Niveles de cobre en función del tipo de gofio.	160
5.9.2 Niveles de hierro en función del tipo de gofio.	162
5.9.3 Niveles de zinc en función del tipo de gofio.	164
5.9.4 Niveles de manganeso en función del tipo de gofio.	166
5.9.5 Efectos de los tratamientos en los niveles de cobre, hierro, zinc y manganeso.	168
5.9.6 Estimación de la ingesta y comparación de los resultados con otros autores.	184
5.10. Niveles de metales tóxicos; plomo y cadmio.	188
5.9.1. Resultados de plomo.	188
5.9.2. Resultados de cadmio.	191
5.9.3. Estimación de la ingesta de plomo y cadmio y comparación con otros autores.	194
6. CONCLUSIONES.	199
7. BIBLIOGRAFÍA.	203

1. AGRADECIMIENTOS.

A los profesores y codirectores de tesis D. Arturo Hardisson de la Torre y Dña. Carmen Rubio Armendáriz y especialmente al primero de ellos, por sus consejos, siempre adecuados, y mantener, como el primer día, el entusiasmo por la investigación y proyectos futuros.

A mi hermano D. Amaranto J. Caballero, por haber contribuido de forma decisiva en el desarrollo de esta tesis, por su trabajo de laboratorio y por su desinteresada ayuda en el diseño y elaboración de tablas y figuras que aquí se exponen.

A la Asociación de Productores de Gofio de Canarias y especialmente a D. Víctor Bonales Gutiérrez por ser el principal apoyo en el desarrollo de todas las investigaciones relativas al gofio, y por seguir aún mostrando su apoyo incondicional con aptitud optimista ante cualquier proyecto e iniciativa.

A D. Valerio Gutiérrez Afonso, por haber estado siempre cuando le he necesitado y sobre todo por que sin su ayuda no se hubieran podido realizar los estudios relativos a los aspectos organolépticos.

A Dña. Olga Cerpa Cervera, a la que le agradezco todos los datos aportados a esta Tesis, así como por facilitarme información acerca del gofio y de los molinos de Gran Canaria.

A D. Sergio Alonso Marrero, por su imprescindible participación en la elaboración e implantación del análisis de autocontrol en las industrias.

A D. Dailos M. González y a D. Ángel Gutiérrez por su colaboración en distintos aspectos relacionados con esta tesis, además de su participación en distintos trabajos de investigación relacionados.

A Dña. Patricia Sánchez-Villacañas Pérez por la ayuda prestada en la traducción de distintos artículos utilizados como bibliografía.

A los profesores D. José Alberto Morales Hernández y D. José P. Benasco Rodríguez así como a los alumnos del módulo de Elaboración de bebidas alcohólicas del I.E.S Los Naranjeros del año académico 2000-2001, por su desinteresada colaboración en el estudio de las propiedades sensoriales del gofio.

A D. Alberto García Quesada, técnico del Museo de Antropología de Tenerife, por haber puesto a mi disposición información y medios relacionados con la evolución de las industrias y del gofio a lo largo de la historia.

A D. José García Cabello (†) y a todos aquellos propietarios y/o responsables de las industrias que han ayudado a nuestro equipo investigador, facilitando y prestando su colaboración en las visitas realizadas a cada una de las industrias productoras.

A D. Rafael González Antón, Director del Museo de la Naturaleza y el Hombre (Museo Arqueológico. O.A.M.C), por facilitar el acceso y utilización de algunos de los fondos fotográficos del Museo que se han utilizado en la presente Tesis.

Al Colegio Oficial de Farmacéuticos de la Provincia de Santa Cruz de Tenerife, por haber mostrado su apoyo y haber facilitado los trámites para la concesión de mi primera beca de investigación.

A la Dirección General de Política Agroalimentaria del Gobierno Autónomo de Canarias por haber colaborado en la financiación de la investigación inicial y en el trabajo de campo.

A todos ellos, muchas gracias.

2. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.

El gofio es un alimento altamente nutritivo, y ha sido la base de la alimentación en Canarias a lo largo de los siglos, ya que incluso desde tiempos anteriores a la conquista, jugó un importante papel en la alimentación de los aborígenes isleños. Este producto, de aspecto harinoso, se elabora principalmente con trigo y/o millo (que es como se le llama al maíz en Canarias), aunque también se utilizan otros cereales para su elaboración como la cebada, centeno, avena o con legumbres, como el garbanzo, los chochos o las habas.

La presente tesis doctoral tiene su origen cuando por parte de la Dirección General de Política Agroalimentaria del Gobierno de Canarias surge la necesidad de conocer la realidad del sector productor del gofio en Canarias. A partir de esta iniciativa, con una beca concedida a través del Colegio Oficial de Farmacéuticos de la Provincia de Santa Cruz de Tenerife y con el apoyo de la Asociación de Productores de Gofio de Canarias, comienza la realización de un trabajo que culmina en un documento titulado *“Estudio sobre las empresas productoras de gofio de Canarias”* que recoge la realidad higiénico-sanitaria y tecnológica de las industrias ubicadas en el Archipiélago Canario y que producen gofio para la venta directa y/o distribución.

Posteriormente, la Asociación de Productores de Gofio de Canarias (APGC), de acuerdo con la mencionada Dirección General propone realizar diversos estudios sobre ese alimento, con el fin de presentar ante el organismo europeo competente la documentación necesaria para que el producto sea amparado por una Indicación Geográfica Protegida. Con ese propósito, se inicia una búsqueda bibliográfica acerca del producto, poniéndose de manifiesto una gran carencia de estudios relacionados con el mismo, lo que lleva implícito el tener que realizar otros trabajos de investigación como la determinación del contenido en nutrientes o el perfil sensorial del gofio, para ello, comenzamos a realizar diversas investigaciones que han dado lugar a distintas publicaciones por el equipo de trabajo del Área de Toxicología de la Universidad de La Laguna y que culminaron con la edición del libro titulado *“El gofio un alimento tradicional canario”* del que soy coordinador.

No obstante, es necesario señalar que desde hacía años, existían investigadores del citado grupo que ya habían realizado trabajos al respecto; D. Miguel Ángel Suárez Fraga realiza el que quizás haya sido el primer trabajo de investigación sobre los aspectos nutricionales, en 1990; y la Dra. Clara I. Febles Acosta publicó un trabajo relativo a los contenidos de ácido fítico en gofio y frangollo producidos en Canarias, diez años más tarde. Asimismo, en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, se comienzan estudios al respecto y es la Dra. Olga Cerpa Cervera la que en el año 2002 defiende su tesis doctoral sobre numerosos aspectos del producto, tesis que es una ampliación de una tesina de licenciatura leída el año anterior, y en la cual se hace un primer estudio de los aspectos higiénico sanitarios en la producción del gofio en la Isla de Gran Canaria, así como el primer avance en el Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos en este sector alimentario.

Con todos estos antecedentes, con el apoyo de las instituciones nombradas con anterioridad, así como con la inquietud y ayuda de la Asociación de Productores de Gofio y del Consejo Regulador de la Denominación Específica Gofio Canario, nos

propusimos investigar el producto y realizar la tesis doctoral que presentamos, cuyos objetivos son:

Primero.- La localización geográfica de las industrias, y posteriormente verificar mediante visitas los distintos aspectos que hemos considerado de interés. Desde el punto de vista tecnológico, y puesto que no existen datos actuales de la maquinaria que se utiliza en estas empresas, se realizó un estudio descriptivo de la realidad tecnológica en ese momento, cuantificando la maquinaria existente dedicada a la limpieza del cereal, tostado, molturación y envasado.

Segundo.- Para dar respuesta a cada una de las necesidades del consumo es necesario tener en cuenta que actualmente se requiere producir alimentos sanos, nutritivos y agradables. Es necesario indicar que la calidad no solamente es la satisfacción del consumidor en función del precio pagado por el producto, sino también lo es el cumplimiento de los requisitos legales y comerciales, así como la mejora continua en los ciclos de producción. Resultan de especial interés, por tanto, aquellos aspectos relacionados con las condiciones higiénico sanitarias de las industrias, y por ello se estudió la adecuación de las mismas a los aspectos básicos de higiene alimentaria, teniendo en cuenta las características estructurales de las industrias; pavimentos, luminosidad, condiciones mínimas de higiene en baños, etc.

Tercero.- La Asociación de Productores de Gofio de Canarias, en vista de las características de la gran mayoría de las fábricas, consideró fundamental llevar a cabo una campaña de asesoramiento sanitario a los empresarios así como brindarles la oportunidad de implantar y evaluar posteriormente un sistema de autocontrol, basado en el Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos (APPCC) de obligado cumplimiento. Este estudio se llevó a cabo partiendo del objetivo señalado por la citada Asociación y se ponen de manifiesto los aspectos más destacables en la implantación del sistema así como una valoración de la actuación llevada a cabo en cada una de las industrias.

En cuanto al APPCC, se intervino en un limitado número de industrias productoras de gofio de la Isla de Tenerife. Establecer este sistema requirió la participación activa de los empresarios, pues ellos, así como los operarios de las empresas, son los que tendrán que mantener el sistema, valorarlo diariamente y formar parte del mismo, ya que no se concibe un Análisis de Autocontrol sin tener en cuenta el personal de la industria. En este trabajo y respecto al APPCC solamente se ha pretendido hacer una aproximación a su aplicación y evaluación en este tipo de industrias.

Cuarto.- En cuanto a la presentación del producto en el mercado es necesario realizar un estudio de las etiquetas, por lo que se tomaron muestras de los productos que se elaboraban y de los envases, estos últimos se obtuvieron con el objetivo de estudiar la adecuación de las menciones del etiquetado a la normativa vigente.

Quinto.- Otro aspecto no menos importante fue la realización del perfil sensorial del gofio, este puede servir como en otro alimento, de punto de unión entre las personas que se ocupan de la investigación y desarrollo y de las de su comercialización y marketing (Köster, 1995). Actualmente existe una gran demanda

de gofio y tanto los consumidores como los productores exigen unos mayores controles de calidad en el producto. Sin embargo, no se poseen datos objetivos de las propiedades sensoriales que presenta, ni tampoco del perfil sensorial de los distintos tipos de gofios. Para realizar un estudio organoléptico se requiere gran volumen de muestra pues es necesario realizar catas de forma repetitiva, las mismas se obtuvieron a través de la Asociación de Productores de Gofio de Canarias, que a su vez fueron solicitadas a las industrias. Los objetivos de este estudio fueron varios, por un lado usar una técnica que permita realizar un análisis descriptivo, desarrollar un método de evaluación de los gofios, determinar diferencias significativas entre gofios utilizando descriptores fiables y por último, determinar si existen diferencias entre los perfiles sensoriales de gofios de distintos cereales.

Sexto.- Por otro lado, y a título orientativo, se estudiaron los contenidos de los macronutrientes proteína, grasa y carbohidratos, en gofios con objeto de contrastar estos resultados con los de otros autores. Asimismo, y tomando los datos facilitados por la bibliografía, otros autores o aquellos facilitados por la Asociación de Productores de Gofio, procede realizar una valoración de la ingesta de vitaminas teniendo en cuenta la posible cantidad de gofio ingerida y el porcentaje alcanzado de las Ingestas Dietéticas de Referencia (IDR).

Séptimo.- Uno de los objetivos fundamentales es realizar un amplio estudio del contenido de metales esenciales en distintos tipos de gofio, así como obtener los porcentajes de las IDR para los distintos metales. En este sentido se estudiaron los niveles de los macroelementos sodio, potasio, calcio y magnesio, así como de los microelementos cobre, hierro, zinc y manganeso y se consideraron aquellos parámetros que pudieran condicionar sus niveles, como los ingredientes utilizados para su elaboración, haber sometido la materia prima a una mayor intensidad de tueste o que se le haya realizado al gofio un tamizado después de su elaboración.

Octavo.- Para concluir, se determinaron los metales pesados plomo y cadmio, con el objeto de valorar si los niveles encontrados pudieran suponer algún tipo de riesgo para la salud del consumidor.

3. REVISIÓN Y ANTECEDENTES.

3.1. EL GOFIO A LO LARGO DE LA HISTORIA DE CANARIAS.

El gofio es el producto alimenticio más tradicional de las Islas Canarias, si fuera necesario probar que el Gofio Canario es un producto originario de estas Islas, basta con hacer referencia a la multitud de documentos y objetos conservados hasta nuestros días en los museos de ciencias y etnológicos de nuestra Comunidad.

Los aborígenes de las Islas Canarias, conocían y desarrollaron una agricultura fundamentalmente de tipo cerealista, destacando el cultivo de la cebada, aunque también está demostrado el cultivo de trigo en la isla de Gran Canaria (del Arco, 1993; Alzola, 1984).

El cereal se sembraba con métodos rudimentarios, haciendo uso de palos cavadores. En la figura 1 se puede apreciar un palo cavador encontrado en la Isla de Tenerife (cortesía de Museo Arqueológico. O.A.M.C.). También, el Museo Canario de Las Palmas de Gran Canaria guarda un cuerno de cáprido, procedente de la isla de Fuerteventura, el cual ha sido interpretado como el mango de una hoz (Acosta y col, 1988).

En cuanto al almacenamiento de los cereales, existe un buen registro de yacimientos identificados como graneros colectivos excavados en la roca en la isla de Gran Canaria (Alzola, 1984; del Arco, 1993).

Los cereales constituían una parte fundamental en la dieta de los aborígenes encontrándose numerosas evidencias de ello, se han encontrado restos de cereales en cuevas de distintas islas y debemos señalar la importancia de un recipiente cerámico en cuyo interior aparecen granos tostados, en una vivienda de superficie en Hoya del Paso, Barranco de Guanarteme, en Gran Canaria (Jiménez, 1946; Jiménez, 1952).

Después del tostado de los cereales, los aborígenes canarios molturaban el cereal en molinos de piedra, generalmente de basalto poroso, que eran movidos manualmente. Navarro, estudió y describió los molinos de la isla de La Gomera y destacó su gran similitud con los de Tenerife y La Palma, los cuales al igual que en el resto de las islas, constan de dos muelas. La muela superior tiene un orificio central pudiendo tener cuello o no y además, posee hoyuelos para apoyar los dedos o palos, a fin de producir el movimiento de vaivén (Navarro, 1981).

En las figuras 2, 3 y 4 se muestran distintas, muelas y molinos provenientes de distintos yacimientos arqueológicos de las islas de Tenerife y La Gomera (cortesía de Museo Arqueológico. O.A.M.C.).

Las pruebas médicas realizadas en las momias de los aborígenes, encontradas en cuevas, son las evidencias más fehacientes de que el gofio estaba vinculado a la población primitiva de estas Islas. En una porción de intestino de un niño momificado, proveniente de una cueva sepulcral en Roque Blanco, Tenerife, se encontró una porción importante de restos de granos de cebada, los cuales fueron tostados antes de su ingestión (Mathiesen, 1960; Serra Ràfols, 1960).

FIGURA 1

Pieza de madera encontrada en Tenerife que presenta en su parte inferior un desgaste importante, probablemente utilizada como palo cavador.

Cortesía del Museo Arqueológico. O.A.M.C.



FIGURA 2

Muela superior de molino con gollete y hoyuelos.

Procedencia: Tenerife. *Cortesía del Museo Arqueológico. O.A.M.C.*

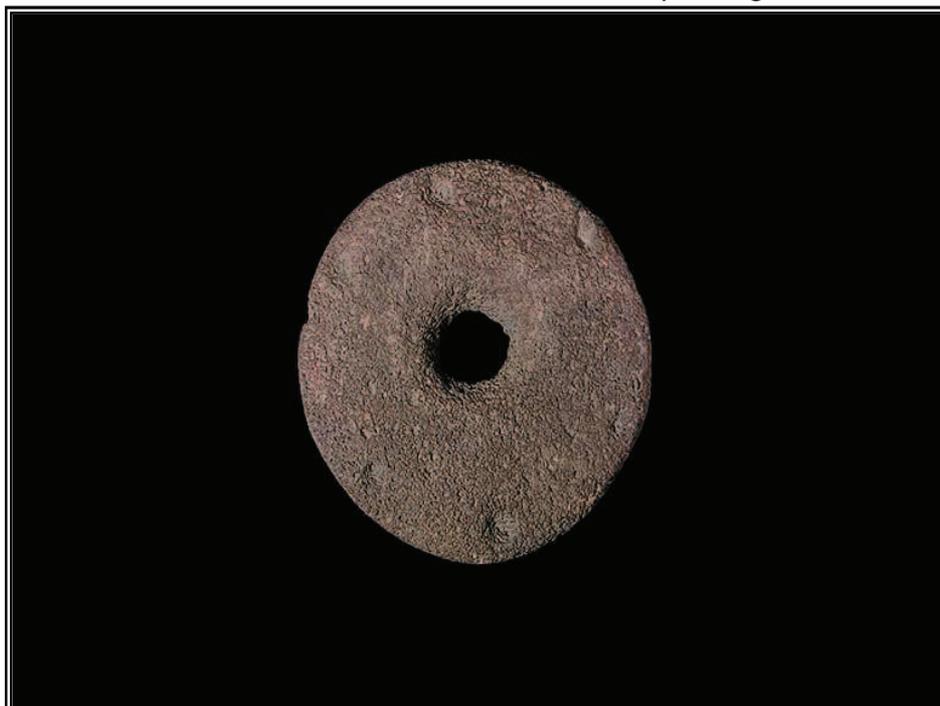


FIGURA 3

Muela superior de molino con hoyuelos. Procedencia: La Gomera.
Cortesía del Museo Arqueológico. O.A.M.C.

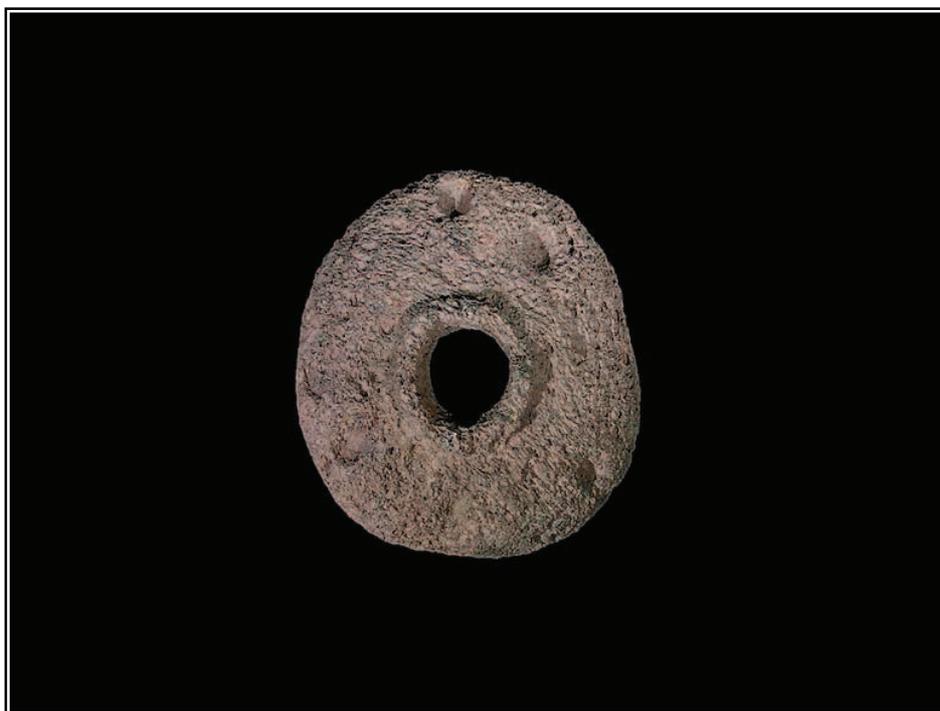


FIGURA 4

Molino completo. Procedencia: Tenerife.
Cortesía del Museo Arqueológico. O.A.M.C.



Cuando llegaron los primeros europeos a las Islas Canarias observaron que los aborígenes isleños, preparaban este alimento a partir de granos de cebada y otros granos que ligeramente tostados molían en molinos de piedra manuales. Mientras este producto era denominado por los antiguos pobladores de Gran Canaria “gofio”, en Tenerife era denominado “Ahoren”, término que ha dejado de ser usado prevaleciendo el primer vocablo (García Quesada, 1998).

D. Juan Bethencourt Alfonso (1994, [189..]) en su obra Historia del Pueblo Guanche, define la palabra gofio como *“toda sustancia vegetal reducida a polvo por la molienda después de tostada, con destino a la alimentación humana”*. Haciéndose referencia a “toda sustancia vegetal” ya que los aborígenes elaboraban este producto de gran cantidad de vegetales; de trigo, cebada, cresses, mocanes, cosco, barrilla patilla, chícharos, cebadilla, balango, etc.

Son numerosos los testimonios de cronistas oficiales de la época y de numerosos viajeros sobre este singular alimento de la Población Canaria; como ejemplo podemos enumerar:

- 1) Abreu Galindo (1590-1602), historiador y fraile en su libro “Historia de la Conquista de las Siete Islas Canarias” cita varias veces este alimento básico de los canarios.

“Su común alimento era carne de cabra cocida o asada, leche manteca y especialmente gofio, o sea, harina de cebada tostada y molida en molinillos de piedra que con ese objeto construían”.

- 2) Viera y Clavijo (1792) en su libro “Noticias de la Historia General de las Islas Canarias” apunta lo siguiente:

“La cebada tostada y reducida a harina en un molinillo de piedra, puesto en movimiento con la mano por medio de un pequeño huesos de cabra, era el alimento sano y sabroso que llamaban gofio o ahorén, del cual usaban como pan cotidiano.”

- 3) Sabino Berthelot (1842), escribe en francés su obra Etnografía y anales de la conquista de las Islas Canarias, y dice;

“...El gofio se comía después y se amasaba con leche, miel de palma o mocán; alguna vez también con agua, en la entonces echaban un poco de sal. Las tierras que cultivaban les suministraban el grano necesario para su gofio”

- 4) Marín y Cubas (1694) apunta que el gofio es el

“nombre de una harina que se obtiene moliendo el grano previamente tostado de un cereal (millo, trigo, cebada)”

- 5) Padre Espinosa, Andrés Bernáldez, Boutier y Leverrier, Azurara, Paolo Mante Gazza, Torriani y Glas: son otros historiadores, que hacen referencias a este alimento.

A partir de la conquista de las islas y su poblamiento por parte de los castellanos, andaluces, portugueses y flamencos se originó un cambio en las materias primas para la elaboración de gofio por los habitantes de las islas. Los conquistadores introdujeron otros cereales como las distintas variedades de trigo. Asimismo, después del descubrimiento de América se incorporó el maíz, (llamado millo en Canarias). A partir de este momento, comienza el abandono del gofio de cebada y aunque todavía hoy se sigue utilizando, su consumo ha disminuido considerablemente (Navarro, 1981; Mora, 1991).

En cuanto a la llegada del millo al Archipiélago, no se ha podido averiguar si éste vino directamente de América o fue llevado primero a la Península y desde allí traído a Canarias. Documentalmente se da por sentado que esta gramínea estaba presente en Canarias en el siglo XVI, Abreu Galindo cuenta como en 1591 se realizó una cacería de asnos en Fuerteventura pues era tal su cantidad que dañaban los cultivos de millo y de otros cereales, matándose *“más de mil y quinientos asnos”* (Alzola, 1984)

El paso del tiempo permitió que este alimento se consolidara en la dieta de los canarios, fabricándose algunos molinos de viento y de agua, lo cual facilitó la molienda, hoy en día aún se mantienen algunos de ellos (Mora, 1991).

Debemos tener en cuenta que el pan fue durante muchos años, para los habitantes de Canarias, un artículo de lujo, destinándose únicamente a las clases pudientes ya que la mayor parte de los distintos cereales producidos eran destinados a la elaboración de gofio (Lorenzo, 1988). En este sentido se pronuncia Corrales y cols (1996), cuando proponen una de las definiciones para el gofio en su libro *“Tesoro lexicográfico del español en Canarias”*: *“base de la alimentación de las clases populares en Canarias”* o *“digamos algo del gofio, para los profanos. Los canarios no necesitamos que nos lo definan.....”*.

Miguel de Unamuno en 1924 al hablar de Canarias en los escritos que realizó cuando se encontraba desterrado a Fuerteventura escribió lo siguiente:

“Se llama gofio en estas Islas Canarias a la harina de trigo, millo o de maíz o de cebada, cuyos granos se tostaron previamente y que han sido molidos en uno de estos molinos de viento que nos recuerdan a los gigantes con los que peleó Don Quijote. Y el gofio es la principal base de la alimentación del pueblo, de la clase menos favorecida por la fortuna, de estas islas. La gente pobre de estas islas vive del gofio, papas y pescado seco. Gofio y sancocho es su alimento.”

Las nuevas poblaciones de Canarias, fueron incorporando a su dieta este producto, y con el paso de los años este hábito dietético no se perdió sino que se fue incrementando.

También, los canarios que poblaron América llevaron consigo este alimento. En la actualidad, podemos encontrar en el museo de la Ciudad de San Antonio de Texas, fundada por canarios, las piedras de molino que transportaron desde el Golfo de Méjico en su viaje descubridor los fundadores de esta ciudad.

Los emigrantes que llegaron al Nuevo Mundo traían consigo el vocablo *“gofio”* como nombre de una preparación parecida a base de millo tostado y molido, a la

que en Puerto Rico se le agregaba corrientemente azúcar, también se conoce en Santo Domingo y en Cuba. Pichargo acredita en Cuba su procedencia canaria hacia 1836 y registra que a los isleños les llamaban “come gofio”. A ese mismo apelativo hace referencia una copla puertorriqueña del siglo XIX “los isleños comen gofio, los catalanes casabe...” (Corrales y col, 1996).

Alemán (2001) señala que en Cuba al gofio con miel lo llaman pinol; que en Nicaragua utilizan el mismo término para denominarlo solo y en polvo y que cuando lo mezclan con agua y azúcar hacen un refresco llamado “pinolillo”.

Existen otros muchos lugares donde podemos encontrar ejemplos similares, según García Quesada (1998) el gofio se consume en países como Argentina, Uruguay, Colombia, Venezuela, Cuba, Nicaragua y en Estados Unidos, destacando que debido a la presencia de cubanos de origen canario en Miami ha comenzado un proceso de exportación hacia la península de Florida. Este mismo autor señala que en las últimas décadas el consumo de gofio se está iniciando en algunos puntos de Africa debido a la iniciativa de empresas de Canarias, en este sentido se comercializa en Mauritania y Senegal.

3.2. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL GOFIO.

Desde los rudimentarios molinos manuales utilizados por los aborígenes, antes de la conquista de las islas, hasta las industrias actuales, se han experimentado importantes modificaciones tecnológicas. Sin embargo, el principio de elaboración se ha mantenido a lo largo de los siglos, puesto que aún se realiza un tenue tostado del cereal, y siguen siendo los molinos de piedra, los encargados de la molturación (Caballero y col, 2002a).

No hace mucho, en Canarias, existían multitud de pequeñas molinerías dedicadas a la obtención de gofio. Con el paso del tiempo, han ido desapareciendo y actualmente la mayoría de las empresas que quedan, han tenido que adaptarse, no sólo a las nuevas tecnologías sino también a normativas cada vez más exigentes (Caballero y col, 2002a). Alemán (1989) censó 132 molinos en la provincia de Santa Cruz de Tenerife en el año 1974, en la actualidad, solamente queda un 27,3% de esas fábricas ejerciendo la producción de gofio. Asimismo, en Gran Canaria se censaron 180 molinos de agua a finales del siglo pasado, por la década de los años 30 quedaban 123 y actualmente solo quedan 11 de ellas moliendo gofio de forma esporádica (Díaz, 2004).

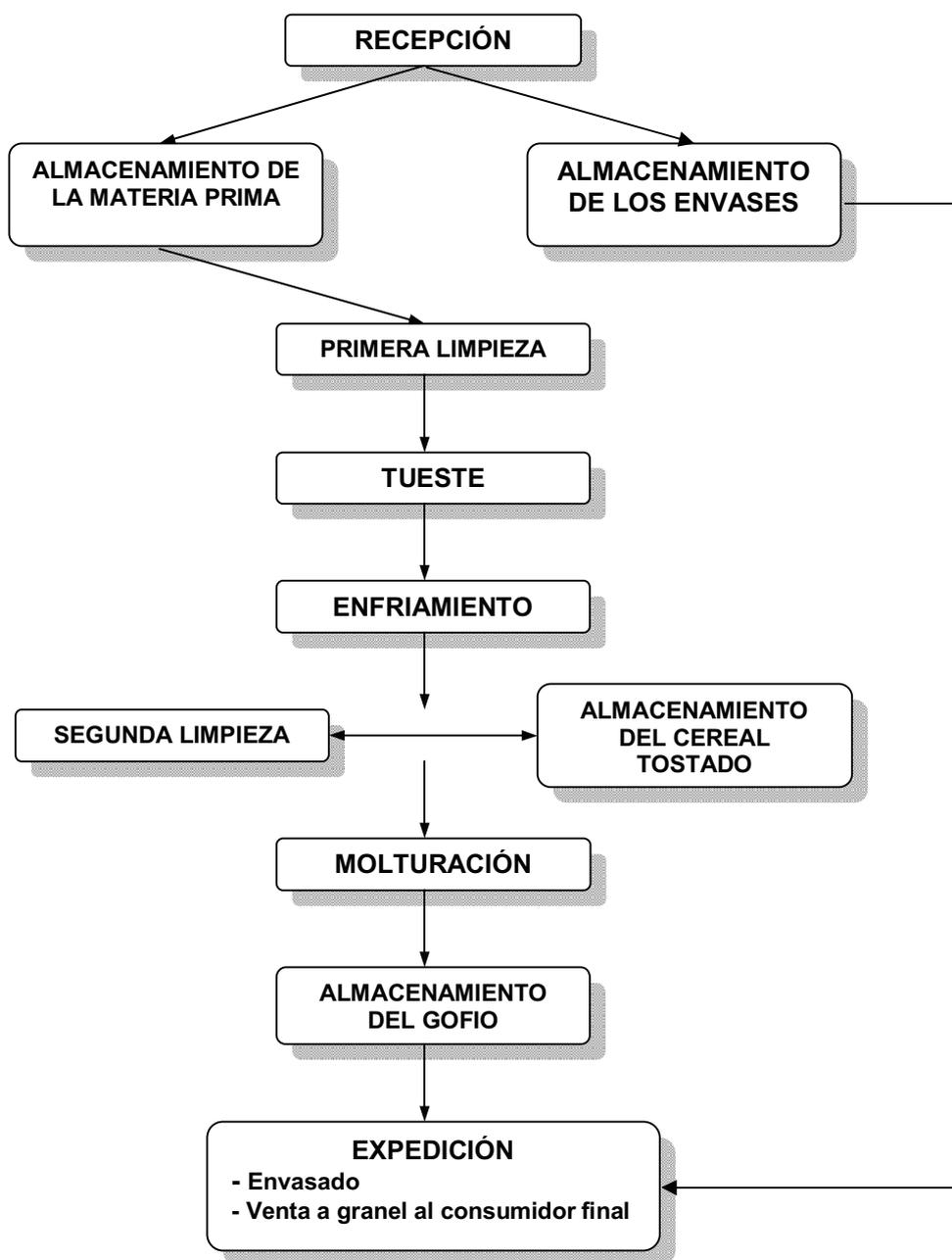
Los molinos de gofio en Canarias son, en la mayoría de los casos, pequeñas fábricas de más de 50 años de antigüedad. Su capacidad de adaptación a la incorporación de nuevas tecnologías en su proceso de producción ha dependido de la capacidad innovadora y de los recursos económicos de cada una de ellas. En gran cantidad de ocasiones sus propietarios son personas mayores dueños de una industria de épocas pasadas, incapaces de adaptarse tanto a las modernas tecnologías como a los mercados, cada vez más competitivos. En la actualidad, en Canarias la mayoría de las empresas productoras de gofio son pequeñas industrias artesanales muy poco tecnificadas (Cerpa, 2000; Caballero y col, 2003a; Caballero y col, 2006a).

Teniendo en cuenta datos del año 2002, el precio medio del gofio se encontraba en 0,90 euros y se procesan aproximadamente en toda Canarias unos 8.000.000 Kg de cereales, lo que constituye una cifra nada despreciable. Sin embargo, es fácil determinar que el margen de beneficios es muy pequeño y que solamente las empresas con gran capacidad de procesado son las que se pueden

permitir reducciones importantes en el precio, ganando así cuota de mercado y mayor competitividad.

El proceso de elaboración del gofio está recogido en la figura 5 y como se puede apreciar las operaciones básicas utilizadas son relativamente sencillas. No obstante, el conocimiento del maestro molinero, que en gran cantidad de ocasiones es heredado o aprendido de sus antecesores, es determinante para poder llevar a cabo la obtención de un gofio de calidad.

FIGURA 5
Fases de elaboración del gofio



La maquinaria en la gran mayoría de los casos es diseñada y construida en talleres locales puesto que no está estandarizada. Este hecho ha dado lugar a que todas las tostadoras y molinos tengan características técnicas distintas. También conviene indicar que los procesos de tostado y molido, están regulados únicamente por el molinero, puesto que en gran cantidad de fábricas el funcionamiento de la maquinaria es controlada de forma manual.

Con el fin de realizar una descripción detallada del proceso de elaboración de este producto se ha optado por señalar cada una de las fases necesarias para la obtención del gofio.

3. 2.1. Recepción de la materia prima.

La materia prima es, generalmente, importada, puesto que los cereales de producción local son cada vez más escasos. El origen es variado, pero en los últimos años se está importando millo de Argentina, Francia o Estados Unidos y trigo de Francia. Exceptuando algunas empresas que han importado directamente, el resto obtiene el cereal de importadores o de proveedores de grano ubicados en las islas.

El cereal llega en barcos, a granel, y es descargado por medio de sinfines hasta los camiones que los transportan a los silos de las diferentes empresas intermediarias. Estas empresas se encargan de distribuir el cereal en camiones a cada una de las fábricas de gofio en función de su demanda. El cereal será servido a granel o en sacos dependiendo si se poseen silos para su almacenamiento o por el contrario carecen de ellos.

3. 2. 2. Almacenamiento.

Los proveedores del cereal se ven obligados a envasar el cereal en sacos cuando sus clientes no disponen de silos para el almacenamiento a granel. De esta forma el cereal se puede manejar sin necesidad de utilizar equipos, pero resulta más caro y su manejo es más costoso ya que requiere la participación de mano de obra. Todo ello, les supone a las pequeñas empresas un mayor coste en la compra, transporte y estiba de la materia prima así como en su posterior manipulación en la propia fábrica.

Los silos se alimentan por la parte superior mediante sinfines o elevadores de cangilones, que transportan el cereal desde una piqueta donde el camión descarga el cereal, o bien se recoge a través de un sinfín móvil que se desplaza hacia la carga del camión. En todos los casos la zona de descarga se encuentra en la parte inferior la cual tiene forma cónica para facilitar la salida del cereal. La inclinación de la tolva de salida está en función del tamaño del silo. Tendrá mayor inclinación en silos de menor capacidad al existir resistencia del flujo del cereal por la fricción con los laterales del silo (Hoseney, 1991).

El poseer silos le permite a la empresa tener mayor autonomía, pues es capaz de prolongar el almacenamiento durante más tiempo. Otra ventaja competitiva es que le permite mayor poder de negociación con el proveedor al permitirse realizar compras de mayor cantidad de cereal. Por el contrario, aquellas industrias que compran el cereal en sacos, deben disponer de un almacén dedicado exclusivamente al almacenamiento de la materia prima, con las suficientes garantías para evitar su deterioro.

3. 2. 3. Limpieza del cereal crudo.

La primera manipulación a la que es sometido el cereal en el proceso de elaboración es la limpieza. El cereal suele venir normalmente acompañado de restos vegetales, granos partidos u otros residuos ajenos al cosechado que deben ser retirados antes de proceder al tostado.

Las industrias deben utilizar sistemas de limpieza que garanticen la total eliminación de los granos de cereal partidos, posibles parásitos, granos dañados, polvo o cualquier artefacto ajeno al mismo, para ello se utilizan limpiadoras mecánicas cuya operación básica suele ser es el tamizado. Este proceso se puede ver favorecido por corrientes de aire producidas por la adaptación de compresores a los tamizadores. El aire a presión arrastra todos los artefactos que tengan un peso inferior al cereal, o bien por efecto contrario realizando una aspiración que resulte efectiva.

La eficacia de la operación de cribado no solamente depende del diseño de la máquina, sino fundamentalmente de la velocidad con que se alimenta y de la producción de rechazos. Al aumentar la velocidad de alimentación existirá mayor interferencias entre partículas y disminuirá el poder de separación (Kent, 1987).

El cereal se hace pasar por una superficie de tamiz de tamaño variable, en función del tipo de limpiadora, que vibra accionado por un motor que no suele superar los 2 o 3 CV de potencia. Dependiendo del tipo de cereal que se vaya a limpiar se recurre a la utilización de tamices con distintos tamaños de luz de malla.

También existen maquinarias que hacen pasar el cereal, únicamente a través de corrientes de aire a modo de ciclones separadores, consiguiendo mediante la diferencia de peso y la acción de la gravedad, un método de limpieza muy útil pues se consigue una separación efectiva de las posibles impurezas del resto de la materia prima en un ciclo continuo de producción.

Aquellas industrias muy artesanales, y con poca tecnología aplicada en sus procesos de producción, siguen realizando la limpieza de forma manual, como si nos remontáramos al siglo pasado, pues utilizan zarandas y/o cernideras que mueven con las manos hasta conseguir la total limpieza de los granos de cereal.

3. 2. 4. Tostado.

El tueste al que se somete el cereal, antes de ser molturado, es una de las etapas fundamentales en la elaboración del gofio, ya que se trata de un paso determinante de las futuras características organolépticas del producto final (Caballero y col, 2001). Además de ser el proceso que caracteriza al gofio desde el punto de vista sensorial, es el paso que lo diferencia claramente de las harinas, pues consigue aumentar la digestibilidad del cereal. Para García Luís (2005) el tueste es la labor de calentar el grano hasta adquirir la tonalidad oscura del tostado.

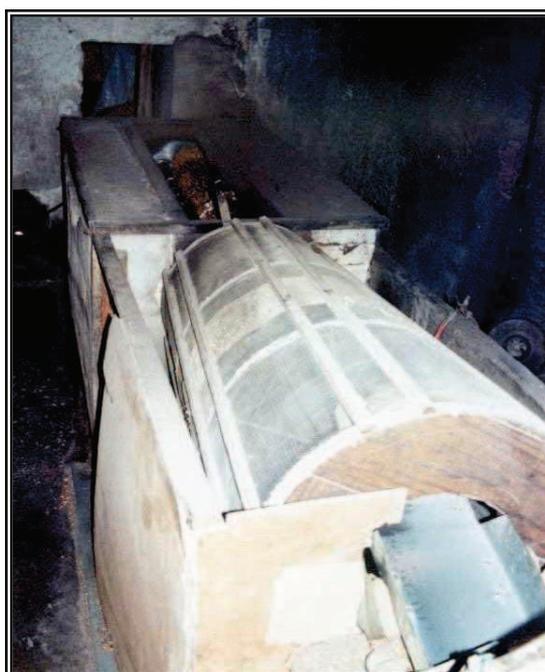
Otro aspecto no menos importante es el referente a la seguridad alimentaria. Las temperaturas alcanzadas en las tostadoras pueden llegar a los 200° C, si bien, se suelen también encontrar sobre 150-180° C (A.P.G.C., 2002). Estas temperaturas en el proceso de elaboración son excelentes para eliminar los microorganismos existentes en la materia prima, que unido a la baja actividad del agua que se encuentra en el gofio, hacen que el producto sea muy estable frente a la contaminación microbiológica (Cerpa, 2002). La gran estabilidad de este alimento y su poder nutritivo es lo que hizo del gofio un producto de primera necesidad en los hogares canarios.

En muchos molinos actuales el cereal se tuesta en tostadoras que utilizan como combustible gasoil. Según Alemán (1989), para Tenerife las primeras tostadoras con quemadores de gasoil comenzaron a funcionar en los años 20, estimando fechas parecidas para el resto de las islas al no haber encontrado referencias bibliográficas al respecto. Se desconoce la procedencia de estos antiguos modelos de tostadora, que en sus inicios tostaban el grano al ponerlos en contacto con arena de playa previamente calentada por quemadores de gasoil.

Las tostadoras, que utilizan como coadyuvante tecnológico la arena, son utilizadas actualmente en escasas industrias, y únicamente para tostar millo, cuyos propietarios defienden la excelente calidad del cereal tostado siguiendo este proceso. Se trata de un gran canal, de 1,5 a 2 m de largo, dotado de un eje central provisto de palas y cuya función es la de agitar, permanentemente, la arena y el cereal para que el tostado sea homogéneo. La parte fundamental de estos aparatos son los sistemas de retirada de arena y posterior recuperación de la misma. El grano una vez tostado en contacto directo con este coadyuvante tecnológico, se retira, generalmente al hacer pasar la mezcla arena-cereal a través de una superficie inclinada que actúa como tamizador, en el cual los granos por gravedad son recogidos limpios en la parte inferior, ya que la arena al atravesar la luz de malla del tamizador cae a un lugar distinto. Es por ello, que suele haber un sistema de elevación después del tueste con objeto de que luego por gravedad se separe la arena del cereal.

En la figura 6 se observa una tostadora de arena, que actualmente funciona con otro sistema de separación del coadyuvante tecnológico. Se aprecia al fondo de la fotografía el canal donde se produce el tostado, ya que un quemador de gasoil ubicado en la parte interna del mismo calienta su superficie. Una vez que el cereal está tostado se comunica a un gran cilindro que como se puede observar tiene la superficie a modo de tamiz por el que se retira toda la arena al girar, en la esquina inferior izquierda se distingue la salida del cereal limpio.

FIGURA 6.
Tostadora de arena



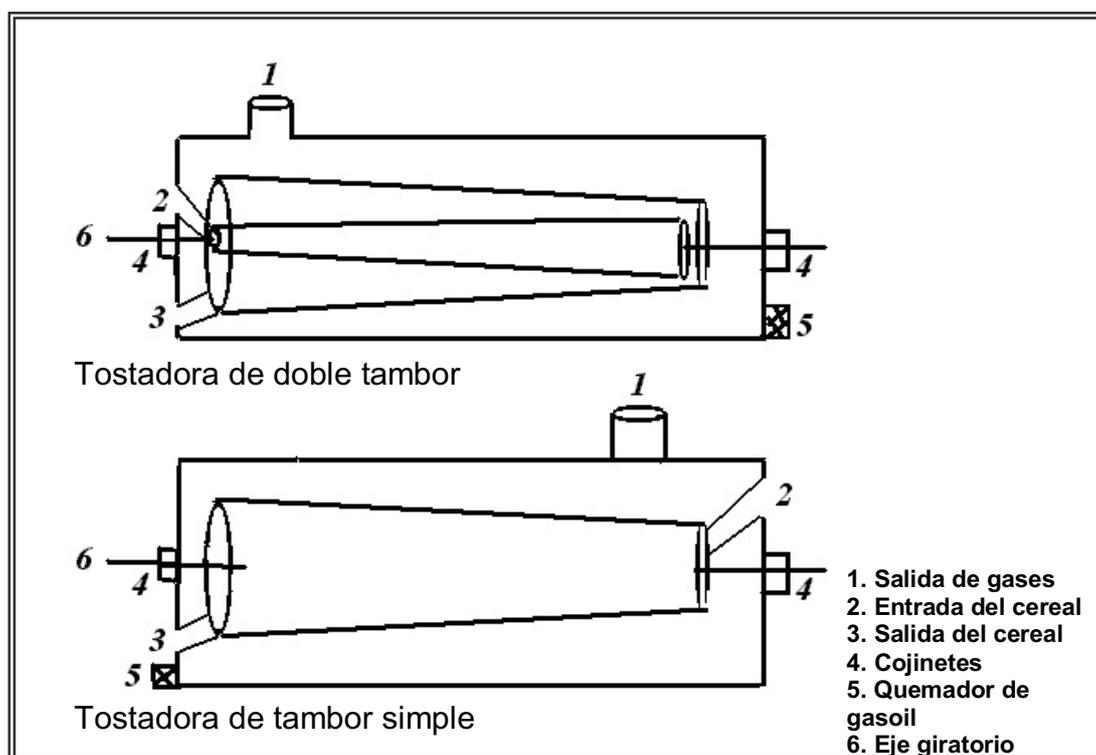
No obstante, el cereal tostado antes de la molturación es sometido nuevamente a una segunda limpieza, ya que normalmente el cereal se conduce a través de canalizaciones provistas de mallas metálicas, con el fin de seguir retirando todo lo que sigue teniendo un tamaño inferior al cereal. Esta técnica es utilizada para el mijo puesto que sería más compleja si se utilizara para otro cereal con un tamaño de grano más pequeño.

Sin embargo, la mayoría de los molinos actuales poseen otros modelos de tostadoras, formadas por grandes cilindros de hierro que giran en torno a un eje central. Se apoyan en los extremos sobre unos cojinetes que se soportan sobre una estructura metálica forrada de mampostería. Por el interior de estos cilindros circula el cereal y pueden tener una longitud de hasta 4 metros, pueden ser sencillos o dobles denominándose entonces tostadoras de un único tambor o de doble tambor.

En la figura 7, se observan los esquemas de ambos tipos de tostadora. En la de doble tambor, el cereal entra y sale por la parte frontal, ya que realiza un doble recorrido a lo largo de la tostadora. En las de tambor simple, el grano entra por uno de sus extremos y sale por el contrario.

En el caso de las tostadoras de doble tambor, se trata de dos cilindros concéntricos de forma troncocónica con una separación entre sí; uno exterior de mayor diámetro y el otro, en el interior con un diámetro menor. La tolva en este caso, se encuentra en la parte anterior a diferencia del otro caso. Con este procedimiento se evita tener que realizar un segundo tueste (García Quesada, 1998). En la parte superior se encuentra la tolva para la entrada del cereal, en la parte anterior inferior se encuentra la "boca" de salida del tueste y en un lateral una abertura por la que se introduce un soplete de "fuel-oil" con ventilador, que calienta el cilindro al girar.

FIGURA 7
Tostadoras más utilizadas.



Por el contrario, cuando son de “tambor” sencillo, la tolva se haya en la parte posterior de la estructura de mampostería y los granos se tuestan en el recorrido hasta la salida. Según el grado de tueste que se desee, éstos se introducen de nuevo dos o tres veces más hasta obtener el tueste requerido (Caballero y col, 2006b).

Generalmente estas tostadoras poseen dos motores; uno de muy poca potencia para proporcionarle aire al quemador y otro motor dedicado a realizar el movimiento de giro del tambor de la tostadora que suele tener entre 1 y 3 CV de potencia.

Otras tostadoras utilizadas para el cereal no son fruto de diseños propios de talleres locales y son las estandarizadas en la industria del café.

Generalmente, el tostado del cereal es un proceso, controlado únicamente por la habilidad del maestro molinero que en función del tipo y variedad de cereal que se vaya a procesar, regulará la operación, confiriéndole el tueste exacto que requiere para la elaboración de cada tipo de gofio. Algunos cereales, de granos mas pequeños y por tanto más sensibles al calor, tales como el arroz, el sorgo o el mijo, que en algunas ocasiones son utilizados para elaborar algunos gofios más complejos; cuando van a ser tostados, se espera un tiempo desde que se apaga el quemador de la tostadora, con el fin de que la temperatura en su interior sea más baja y no se carbonicen.

El grado de tueste del cereal dependerá no solamente del poder calorífico suministrado por el quemador, sino también de la velocidad de giro del tambor de la tostadora. En este sentido es fácil determinar que si la velocidad de giro aumenta el cereal se encuentra menos tiempo en el hogar de la tostadora y adquiere por tanto, menor tueste que si permanece más tiempo.

3. 2. 5. Enfriamiento.

El cereal sale del interior de la tostadora a temperaturas muy altas y debe enfriarse antes de ser sometido a la molturación. Normalmente el cereal tostado es molido al día siguiente de su tueste, ya que con la temperatura a la que sale de la tostadora, no permite la molturación por problemas de carbonización entre las dos muelas del molino.

El enfriamiento, que aparentemente no tiene sentido, desde el punto de vista organoléptico, es para muchos de los maestros molineros artesanales, una etapa fundamental ya que afirman que es el paso determinante para obtener las adecuadas características sensoriales del producto final.

Tanto la llegada del cereal crudo a las tolvas de las tostadoras como el transporte del grano tostado hacia las cajas de enfriamiento o sacos, así como la llegada del grano tostado a la tolva de los molinos, se realizaba de manera manual mediante cuartillas de madera. Actualmente en los molinos con mayor tecnología aplicada este proceso se realiza haciendo uso de sinfines, elevadores de cangilones, o mediante corrientes de aire por conducciones cerradas y de materiales inocuos y fáciles de higienizar.

El enfriamiento tradicional del grano se realiza a temperatura ambiente; bien en sacos, o bien en las llamadas “cajas de enfriamiento” donde permanece durante unas 24 horas (éstos depósitos, que antiguamente eran de madera, ahora son de materiales como el acero inoxidable).

En las industrias más modernas y con gran capacidad de producción, se fuerza el proceso de enfriamiento utilizando sinfines abiertos o aireación forzada consiguiéndose de esta manera el mismo fin en un menor tiempo.

3. 2. 6. Limpieza del cereal tostado.

Esta operación tiene como objetivo eliminar las posibles cascarillas que se hayan podido desprender de la superficie del grano de cereal, así como partículas carbonizadas. Tanto unas como otras les podrían conferir al gofio sabores indeseables.

La tecnología y/o útiles utilizados en esta etapa son iguales a los necesarios para realizar la limpieza del cereal crudo. La limpieza del cereal tostado se puede realizar en diferentes momentos según los procedimientos llevados a cabo por cada una de las fábricas. Algunas realizan la operación inmediatamente después del tueste, por lo que, a la vez que se favorece el enfriamiento del cereal, acelera la molturación. Otras empresas limpian el cereal tostado después del enfriamiento y justo antes de su entrada en el molino.

Sin embargo existen algunas industrias que no realizan tal procedimiento y someten el cereal tostado directamente a la molturación.

3. 2. 7. Molienda.

La molienda es para García Luís (2005) el acto de triturar el trigo y el millo para convertirlo en gofio. El gofio en Canarias, a diferencia de otros productos obtenidos de la molturación de cereales que utilizan rodillos u otros sistemas más modernos, se obtiene siempre del trabajo realizado por molinos piedra. Están dotados de dos piedras circulares de mismo diámetro, que trabajan de forma horizontal, y que giran mediante un eje vertical. La muela superior es móvil y gira sobre la inferior que permanece fija.

Esta tecnología, obsoleta para esta época, se sigue utilizando para la obtención de harina integral, sin embargo, incluso en lugares como India/Paquistán donde existe gran demanda de harina integral para la elaboración de chapatties, los molinos de piedra están siendo reemplazados por otros molinos para la obtención de harina blanca (Kent, 1987).

El trabajo de mover las piedras ha variado a lo largo de la historia, inicialmente los aborígenes canarios, de forma manual, obtenían el gofio mediante un movimiento de vaivén de las dos piedras de pequeño diámetro que formaban sus molinillos. Posteriormente, se utilizó la tracción animal, la energía eólica o la fuerza ejercida por corrientes de agua. Cuando llegó la mecanización se utilizaron los antiguos motores diesel, traídos a Canarias principalmente de Inglaterra y que, mediante el trabajo de su único pistón en horizontal revolucionaron la tracción de los molinos (Figura 8).

La molturación realizada haciendo uso de piedras tiene elevado coste, y actualmente las muelas de los molinos solamente se fabrican en Alemania, si bien muchas industrias han comprado las piedras de antiguas molinerías que han ido cerrando sus puertas.

FIGURA 8

Antiguo motor de una fábrica de gofio.



Después de un cierto uso, las piedras se van desgastando y al perder sus dibujos hacen que disminuya el rendimiento, obteniendo un gofio con una granulometría mayor. Con el objetivo de mantener la misma capacidad de molturación es necesario realizar “el picado” de las piedras, operación realizada por el maestro molinero que consiste en recuperar la superficie interior de las muelas, con la ayuda de una picareta manual. Consiste en realizarle a la piedra una serie estrías, canales superficiales curvos, semicirculares o rectos, que según cada experto pudiera variar solamente en pequeños matices, o bien otro rayado transversal de diferente grosor desde el centro de la piedra hacia la periferia (Díaz Rodríguez, 2006).

A lo largo de la historia las piedras de los molinos han tenido diferentes orígenes, el material que se utilizó antaño fue la piedra de basalto poroso de canteras de las Islas, posteriormente se importaron piedras artificiales de origen catalán o alicantino y actualmente, dada la escasez de recursos naturales, se utiliza la piedra artificial generalmente de origen alemán, como se ha mencionado con anterioridad.

En función del tipo de piedra utilizada y de su dureza será necesario un mayor o un menor mantenimiento. Este factor es uno de los motivos del abandono de la piedra natural en aras de la artificial, ya que esta última requiere una menor periodicidad en su mantenimiento (“picado”) al ser más dura. Sin embargo, son muchos molineros los que afirman las excelentes cualidades del producto final obtenido con este tipo muelas.

La textura del gofio obtenido se controla uniendo o separando la piedra superior, que es móvil, de la inferior. Cuando la piedra se baja lo que se pretende con ello, es que exista menor distancia entre ambas piedras y por tanto que el gofio sea mas fino. Por el contrario cuando, como dicen los operarios del sector, “se apuran las piedras” el gofio sale más grueso o “rolado” porque lo que se ha hecho es aumentar el espacio existente entre las dos piedras, de esta manera se aumenta el rendimiento pero disminuyendo la calidad del producto final.

El funcionamiento de las piedras es controlado permanentemente por el molinero analizando la textura del producto en la salida del molino con el pulgar e índice, también, determinan el correcto funcionamiento del molino de forma auditiva,

ya que con los distintos sonidos que produce la piedra al girar, el molinero puede saber si necesita levantarla o bajarla.

La molturación también varía en función del cereal puesto que se requiere más trabajo cuando mayor es la dureza del grano. Si el cereal es duro la alimentación del molino deberá ser disminuida para conseguir el mismo objetivo. De la misma manera ocurre cuando se muelen distintas variedades de un cereal. En el caso del trigo duro, que posee un endospermo más difícil de triturar, se requerirá más lentitud y menos alimentación, al igual que cuando queremos obtener gofio de millo producido en Canarias que según los molineros es “más vidrioso” pues posee mayor resistencia a la molturación (Caballero y *col*, 2006b).

3. 2. 8. Envasado y/o venta.

Hace unos cincuenta años, casi todas las industrias de gofio vendían todo el producto en la misma fábrica, pues los clientes se dirigían al molino para comprar el gofio que iban necesitando. El gofio salía del molino y era recogido en sacos de tela que luego se vertían en cajas de madera hasta su venta a granel en el mostrador de la fábrica.

Sin embargo, hoy en día, este patrón de consumo ha variado mucho, pues las exigencias del mercado hacen que el gofio tenga que estar en los lineales de tiendas, supermercados y grandes superficies, si bien algunas fábricas siguen manteniendo clientes que de forma continua se dirigen a ellas para adquirir el gofio. Este cambio en el patrón de consumo supone adecuar la industria al envasado del gofio por lo el gofio obtenido del molino, se canaliza de forma continua mediante sinfines o corrientes de aire hacia grandes depósitos conectados a las cadenas de envasado.

En aquellos molinos que aún siguen manteniendo la venta a granel en la propia industria, el gofio se recoge en contenedores de acero inoxidable y se mantiene en ellos hasta que es vendido o envasado. El envase, como en cualquier otro producto, juega un importante papel en el mantenimiento de la calidad del alimento. Es fundamental para evitar la contaminación o el deterioro del gofio el empleo de envases estancos y herméticos, ya que de esta manera, además, se garantiza el mantenimiento de sus cualidades organolépticas. Los envases más utilizados son las bolsas de distintos tipos de plásticos, quedando relegado el uso de cartuchos de papel a la venta de gofio a granel en los molinos que aún quieren seguir manteniendo la tradición.

En estos momentos existe una gran controversia para determinar el envase ideal para la venta del gofio en los comercios. Hay maestros molineros que aseguran que el gofio es una “sustancia viva” y que no se debe almacenar en envases herméticos puesto que se pierde parte de su aroma y sabor, sin embargo otros, piensan lo contrario. Lo que aún no ha sido utilizado es el envasado al vacío, quizás por que la tecnología es más costosa y no por razones de calidad.

Además sería conveniente utilizar envases opacos que lo mantengan en ausencia de luz, ya que este factor está íntimamente relacionado con determinadas reacciones de enranciamiento de las grasas. Este hecho ocurre en raras ocasiones y está más asociado al gofio elaborado con algunas legumbres, sin embargo debe tenerse en consideración a la hora de diseñar el envase y el material a utilizar.

No obstante, debemos tener en cuenta que en alimentos como los copos de avena se utilizan paquetes tipo respirable, pero su uso se debe a que es necesario expeler el olor rancio producido durante el almacenamiento (Hoseney, 1991).

3.3. IMPORTANCIA NUTRICIONAL DEL GOFIO. EL CONSUMO DE GOFIO EN CANARIAS.

Los cereales y los productos obtenidos de ellos, han sido la base de la alimentación en todas las regiones del mundo desde los inicios de la humanidad hasta la actualidad (Bonmatí, 1991).

El gofio ha sido un alimento de gran importancia durante cientos de años, hecho constatado según innumerables referencias históricas (Cerpa, 2001). Corrales y col. (1996), afirmaron “podríamos decir del gofio que ha sido la base de la alimentación de las clases populares en Canarias”.

Este producto, como se ha mencionado, es un producto obtenido a partir del grano de cereal entero, por lo que presenta un alto valor nutricional, puesto que mantiene todos aquellos nutrientes propios del cereal, destacando los altos contenidos en minerales (Rodríguez-Pérez y col, 2002). En la tostación se produce una reacción no enzimática de coloración entre la proteína y los hidratos de carbono reductores, y puede producirse algo de dextrificación del almidón (Kent, 1987), además el tueste proporciona una mayor digestibilidad al alimento acabado.

El gofio se caracteriza por ser un alimento con bajo poder calórico; 365,64 Kcal/100g en el gofio de trigo y 367,75 Kcal/100g en el gofio de millo (Cerpa, 2001). Actualmente, se consumen distintos tipos de gofio realizados con variadas mezclas de cereales y/o legumbres; sin embargo, los gofios con mayor consumo son los de trigo, millo o mezcla de ambos cereales.

Si quisiéramos comparar al gofio con las harinas blancas, nos daríamos cuenta que en estas últimas se produce una mayor pérdida vitamínica y mineral debida al proceso de elaboración, concretamente a la descortización y desgerminación de los granos, puesto que es en la corteza y en el germen donde se encuentran la mayoría de estos nutrientes esenciales. No obstante, debemos tener en cuenta que el gofio se obtiene a través de un tratamiento térmico y mecánico suave, y el efecto que el calor ejerce sobre las vitaminas termolábiles se va a dejar sentir, aunque no las hace desaparecer.

Describir los contenidos de macronutrientes presentes en el gofio, es prácticamente describir la composición nutricional de su materia prima, por lo que convendría estudiar cada uno de los grupos de nutrientes de forma separada. En la tabla I se expresan los contenidos de energía, macronutrientes, vitaminas y minerales en los gofios más utilizados en Canarias según Suárez-Fraga y col, (1990).

- Proteínas

Las proteínas contenidas en los cereales son importantes ya que se trata de un macronutriente de alto valor nutricional y porque la cantidad y tipo de proteína es interesante desde el punto de vista funcional, aportando cada gramo 4 Kcal. (Hoseney, 1991). Las prolaminas y las glutelinas son las proteínas de reserva de los cereales, pues la planta almacena la proteína de esa forma, para su utilización en la germinación. Las proteínas de todos los cereales son pobres en los aminoácidos nutritivamente importantes; lisina, triptófano y metionina (Hoseney, 1991).

TABLA I

Contenidos de energía, macronutrientes, vitaminas y minerales en los gofios más utilizados en Canarias (Súarez-Fraga y col, 1990)

	Gofio de trigo	Gofio de millo
Energía (Kcal)	371	377
Proteína bruta (g/100g)	10,80	6,20
Lípidos totales (g/100g)	2,48	4,73
Glúcidos totales (g/100g)	81,57	82,62
Fibra bruta (g/100g)	1,87	1,85
Vitamina B ₁ (mg/100g)	0,10	0,32
Vitamina B ₂ (μg/100g)	14,00	47,00
Vitamina B ₃ (mg/100g)	4,45	4,70
Vitamina A (mg/100g)	0,17	0,25
Vitamina C (mg/100g)	6,40	6,60
Fósforo (mg/100g)	371,60	290,00
Hierro (mg/100g)	5,73	2,78
Cinc (mg/100g)	3,35	2,47
Magnesio (mg/100g)	97,00	92,00

Se debe destacar que el valor biológico de una proteína se determina estimando su contenido en aminoácidos esenciales, por lo que las proteínas poseen una propiedad denominada “complementariedad proteica” que se produce especialmente cuando los cereales se mezclan con leche, ya que la leche aporta las proteínas de alto valor biológico y complementa a las proteínas de los cereales que son deficientes en lisina que es el aminoácido limitante (Cervera y col., 1999). Según el estudio realizado por Serra y col. (2000) en Canarias, el aporte de proteínas en el desayuno ronda los 11 g/día. A esta cifra, relativamente alta, contribuyen tanto las proteínas lácteas como las proteínas procedentes de los cereales.

En el trigo las proteínas de reserva son conocidas como proteínas del gluten, que está compuesto por dos grupos principales de proteínas: gliadina (prolamina) y glutenina (glutelina). Las proteínas del gluten son muy ricas en ácido glutámico (un 5% de la proteína total) y pobres en lisina. El gluten también tiene un alto nivel de prolina, aproximadamente un 14% de la proteína.

En cuanto al millo, la proteína más importante es la zeína, que representa aproximadamente la mitad de la proteína total siendo su baja calidad debido al poco contenido en lisina y triptófano, el cual se encuentra en mayor nivel en otros cereales (Mataix y Mariné, 2002).

Debemos hacer hincapié en la restricción de uso del gofio de trigo o de mezcla para la alimentación de bebés pues, al poseer gluten, y dada la susceptibilidad a padecer intolerancia a las proteínas, está totalmente desaconsejado como alimento para ese grupo de población.

- Lípidos

El gofio es un alimento bajo en calorías debido a su escaso contenido graso. Desde el punto de vista tecnológico y de conservación, es importante que los cereales (trigo, millo, etc.) sean unas materias primas pobres en aceite (1,5-2%) pues este bajo contenido en grasas es una ventaja para su conservación (Kent, 1987).

La grasa en los cereales se encuentra en pequeña cantidad, excepto en la avena que es la que más concentración posee (Mataix y Mariné, 2002).

Según Suárez Fraga (1990) el contenido lipídico del gofio, sea cual sea su origen, resulta ser superior que el de las harinas blancas, lo cual es lógico, al partir de una materia prima en la que el germen del grano del cereal se mantiene. Sin embargo, hay que resaltar que de este pequeño contenido graso gran parte son grasas insaturadas, entre las cuales destacan algunos ácidos grasos esenciales (AGE) que son ácidos grasos poliinsaturados. Se han venido considerando AGE los ácidos grasos linoleico, linolénico y araquidónico.

En el gofio, de su pequeño contenido graso más del 50% corresponde a ácido linoleico. Aunque las necesidades mínimas de AGE (Ácidos Grasos Esenciales), referidas a ácido linoleico, oscilan entre 3 y 5 g/día (alrededor del 2% del total calórico diario), la ingesta recomendada es de 15 a 25 g/día sin sobrepasar el 10% del total energético (Cervera y col., 1999).

Otro dato a destacar es el valor que alcanza el conjunto de ácidos grasos poliinsaturados que puede llegar a ser del 50-65% de la fracción grasa del gofio. El ácido oleico, característico del aceite de oliva, también es uno de los más importantes en el gofio llegando a alcanzar valores del 15% de la fracción grasa total. Finalmente, en cuanto a los ácidos grasos saturados no superan el 18% de la fracción grasa.

- Hidratos de carbono.

Los glúcidos son la mayor fuente de energía en la alimentación humana. Su aporte energético se estima en 4 Kcal/g. El 50-60% de la energía total de la dieta debe provenir de los glúcidos.

El almidón es el hidrato de carbono más importante de todos los cereales y es por ello que el contenido en almidón tanto en el gofio de trigo como en el de millo se encuentra en un porcentaje comprendido entre el 77,86 y 81,20 % (Cerpa, 2001; Suárez-Fraga y col, 1990). Este contenido en almidón hace que el gofio sea un alimento de gran interés dietético, ya que en su mayor proporción la constituyen glúcidos complejos de absorción lenta. En el gofio la fructosa, la glucosa, la maltosa y la lactosa monohidratada se encuentran en concentraciones inferiores al 0,5%; la sacarosa, por el contrario, alcanza valores del 0,8 – 1 %.

Según la última Encuesta Nutricional de Canarias (1997-98) el consumo medio de hidratos de carbono por parte de la población canaria ronda los 224,9 g/día para la población adulta de 25 a 60 años (ENCA, 2000). Un estudio realizado también para la población canaria demuestra que el desayuno de los canarios les aporta una media de 45,3 g de glúcidos al día (Serra y col., 2000).

- Fibra dietética

La fibra dietética se encuentra sólo en productos vegetales (frutas, vegetales y granos) y sus principales fuentes son los granos de cereal enteros. La celulosa y hemicelulosa son los principales constituyentes de la pared celular de los granos de cereal, y junto con la lignina constituyen el grueso de la "fibra cruda" (Kent, 1987).

El consumo de dietas ricas en alimentos vegetales parece relacionarse de manera inversa con la frecuencia de enfermedades cardiovasculares, cáncer de colon, diabetes y trastornos gastrointestinales (Zarzuelo y Gálvez, 2005). Además, el consumo de una cantidad adecuada de fibra soluble cada día puede llegar a reducir los niveles de colesterol entre un 10 y un 20% (Vilaplana, 2001). Debido a todos estos efectos beneficiosos, el Instituto Nacional de Cáncer (National Cancer Institute) recomienda una ingesta diaria de 25- 35 g/día o 10-13 g/1000 Kcal.

A pesar de todos sus efectos beneficiosos, el consumo excesivo de fibra tampoco es bueno para la salud, se ha demostrado que la fibra en exceso puede interferir con la absorción de calcio y cinc, en especial en niños y ancianos (Mahan y Escott-Stump, 1996).

En la infancia las recomendaciones sobre la ingesta de fibra oscilan en un margen de entre 5 y 10 g/día. Así, por ejemplo, habrá que sumar 5 g/día a un niño de 3 años de edad para que la ingesta diaria de fibra se sitúe aproximadamente sobre los 8g. Con ello conseguiremos prevenir el estreñimiento y disminuir la incidencia de futuras enfermedades crónicas (Vilaplana, 2001).

El contenido en fibra de los distintos gofios no varía significativamente. El contenido de fibra bruta en los gofios de trigo y maíz es de 1,87g/100g y 1,85g/100g respectivamente (ver tabla I). Sin embargo, el gofio de trigo presenta un contenido de fibra levemente menor. Si suponemos una ingesta diaria de 50 g de gofio la cantidad de fibra bruta procedente de este alimento estaría en torno a 0,9 g/día, es decir un 3% de las recomendaciones diarias.

Sabiendo que la media española de ingesta de fibra dietética está por debajo de las recomendaciones y teniendo en cuenta que, actualmente, el consumo medio de fibra por parte de la población canaria es de 16,3 g/día (ENCA, 2000), debemos recomendar la presencia diaria del gofio en la dieta de la población canaria, ya que es un alimento rico en fibra que contribuye a lograr estos valores recomendados.

El ácido fítico, conocido antinutriente, es el principal quelante de minerales asociado a los productos ricos en fibra, se encuentra en cantidades inferiores en el gofio que en los cereales enteros, este hecho es debido a que con el tueste se reduce a fitato. En un estudio realizado por Febles y *col.* (2000), se evidencia como los niveles hallados en el frangollo son mayores que los encontrados en el gofio, por lo que cabe pensar que esta merma es debida al aumento de temperatura producido en el tueste. El mismo estudio establece que los niveles medios hallados de este "antinutriente", son mayores en los gofios de trigo que en los de millo. El contenido medio de Ác. fítico para el gofio de trigo ha sido fijado en 7,7 mg/g mientras que para el gofio de millo centeno y cebada ronda los 5,92, 7,5 y 7,52 mg/g, respectivamente.

Con el fin de comparar los datos expuestos en el párrafo anterior con los obtenidos en harinas infantiles, el ácido fítico en ellas se encuentra en un intervalo de 1 a 36 mg/g siendo la media del ácido fítico contenido en la mayoría de las harinas infantiles de 24,6 mg/g. En harinas pertenecientes a la variedad sin gluten los valores son inferiores a las del resto, encontrándose la media más baja en 3,3 mg/g, por el contrario en el muesli con chocolate se hallaron niveles de fítico de 30,4 mg/g; en otras variedades de este tipo de alimentos se encontró por encima de los 20 mg/g (Febles y *col.*, 2001)

- Vitaminas.

La mayoría de los cereales son fuentes importantes de vitaminas, como la tiamina, niacina, riboflavina, piridoxina, ácido pantoténico y tocoferol. Sin embargo, el gofio al ser un producto procedente de cereales sometidos a tratamiento térmico resulta tener un contenido vitamínico inferior al de los cereales de partida.

Los niveles de las vitaminas hidrosolubles presentes en el gofio son significativos, a pesar de las pérdidas causadas durante el procedimiento del tostado del cereal. Para el caso de las vitaminas del complejo B, el gofio aporta de forma cuantitativa una importante cantidad de las IDR (Ingesta Diaria Recomendada): respecto a las vitaminas B₁ y B₂, se alcanza un 15-25 % de dichas IDR. En cuanto a la vitamina B₃ el aporte del gofio llega incluso a ser de un 50 % (Rodríguez-Pérez y col, 2003), la cual resulta nutricionalmente interesante ya que esta vitamina participa en multitud de reacciones de óxido-reducción (Arilla, 1999).

En el caso de las vitaminas liposolubles en el gofio se ha estudiado la presencia de la vitamina A y D, si bien se hace necesario un estudio de la vitamina E. La vitamina D favorece la absorción intestinal tanto del calcio como del fósforo, aumenta la liberación del calcio desde el tejido óseo e incrementa la reabsorción de dicho mineral en los túbulos renales. La vitamina A (liposoluble) interviene en distintas acciones esenciales en el organismo humano, entre las que podemos destacar el papel que juega en la visión, ya que forma parte de los pigmentos visuales y origina la excitación visual, además, también interviene en la diferenciación del tejido epitelial y en el crecimiento óseo. Debemos de tener en cuenta que, en terapéutica, se utiliza en xeroftalmia, dermatosis y en algunas formas de cáncer y precánceres (Codeceo y Muñoz, 1999).

De ahí la importancia que poseen las pequeñas concentraciones presentes en el gofio al contribuir a alcanzar las recomendaciones dietéticas diarias de estas vitaminas. En la tabla II se comparan las concentraciones de determinadas vitaminas en el gofio con las IDR para esas vitaminas.

TABLA II

Contenido en vitaminas de los gofios de trigo, millo y mezcla de ambos e IDR para mujeres y hombres (datos cortesía de la APGC).

	Gofio de trigo	Gofio de millo	Mezcla	IDR hombres	IDR mujeres
Vit. B ₁ (mg/100g)	0,28-0,7	0,02-0,1	0,025-0,65	1,1 mg	0,9 mg
Vit. B ₂ (mg/100g)	0,18-0,27	0,04-0,08	0,02-0,4	1,6 mg	1,3 mg
Vit. B ₃ (mg/100g)	4-14,9	3,3-9,3	3-12,5	18 mg	14 mg
Vit. A (mg/100g)	< 1,8	< 0,05	< 0,03	700 mg	600 mg
Vit. D (µg/100g)	< 6,25	< 6,25	< 6,25	10 µg	10 µg

* APGC: Asociación de Productores de Gofio de Canarias.

La tiamina (vitamina B₁) se encuentra en gran variedad de alimentos, entre los cuales están los cereales enteros y el germen de trigo. En cuanto a la vitamina B₂,

aunque las mejores fuentes dietéticas son alimentos como carnes, leche, levadura de cerveza, huevos y vegetales de hojas verdes, en el gofio existe también, y sus concentraciones no son, en ningún caso, despreciables.

La que más interés plantea, desde el punto de vista cuantitativo es la vitamina B₃, por hallarse en el gofio cantidades muy altas, con respecto a las otras.

Para las personas de edad avanzada, que son el grupo de población que con mayor frecuencia consume gofio en su dieta diaria, la Encuesta Nutricional de Canarias (2000) establece que el 33,4% de los mayores de 60 años consume gofio diariamente, ya sea gofio de trigo, millo o mezcla de ambos, el gofio tiene especial interés desde el punto de vista nutricional (Caballero y col, 2002b). Este consumidor lo considera un alimento fundamental e imprescindible en su dieta, generalmente en el desayuno aunque también en las meriendas, circunstancia que se debe aprovechar para favorecer su consumo puesto que con frecuencia a estas edades y debido a los distintos problemas de salud, sociales y psíquicos, se pudiera presentar una disminución de la ingesta de alimentos que contengan nutrientes esenciales, como es el caso que nos ocupa. Por ello se ha tenido en consideración este grupo de población a la hora de cuantificar el porcentaje de la IDR que aporta el consumo de gofio, teniendo en cuenta los datos de las IDR para el grupo de población anciana recomendadas para la población española por el Departamento de Nutrición de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, tabla III (Carvajal, 2001).

TABLA III

Comparación del contenido en vitaminas B₁, B₂, B₃ en los gofios de millo y de trigo con las raciones dietéticas recomendadas (IDR) para población anciana.

	Gofio de trigo (mg/100g)	Gofio de millo (mg/100g)	IDR hombres (mg)		IDR mujeres (mg)	
			60-69 años	>70 años	60-69 años	>70 años
Vitamina B ₁	0,49	0,05	1,2	1,2	1,1	1,1
Vitamina B ₂	0,22	0,06	1,3	1,4	1,2	1,3
Vitamina B ₃	9,45	6,3	16	16	15	15

Debemos de tener en cuenta que a pesar de no haber indicado en las tablas I, II y III la presencia de las demás vitaminas pertenecientes al complejo B, tendríamos que señalar que probablemente estas vitaminas se encuentran representadas en el gofio, ya que los cereales de los que se obtiene, son una fuente importante de dichas vitaminas, no obstante, no existen investigaciones al respecto, por lo que dejamos para posteriores estudios la obtención de datos e información tanto cualitativamente como cuantitativamente referentes a dichas vitaminas.

Consumo de Gofio en Canarias

El consumo típico en Canarias suele ser acompañando a cada una de las comidas; bien con la leche en el desayuno, espolvoreado sobre potajes, cazuelas y caldos de pescado, o como acompañamiento a modo de pan con distintas comidas (pelotas, pellas, escachos, etc).

En Canarias, la utilización de gofio de trigo o millo ha sido una práctica muy arraigada en el desayuno desde antaño (Serra y col, 2000; Rubio y col, 2006b).

Posee los nutrientes propios de todo el cereal y, actualmente, compite con los cereales de desayuno tipo “americano”. Estos últimos, poseen unos precios mucho mayores y están sometidos a importantes tratamientos tecnológicos para darles mayor atractivo. Además su riqueza vitamínica y mineral es añadida y están edulcorados con miel, azúcar o incluso chocolate, en ocasiones en cantidades significativamente altas. Su composición se caracteriza por contener almidón en un 70% o más, azúcar en cantidades variables y las proteínas del cereal (Cervera y *col*, 1999).

En España el consumo de estos cereales es, comparado con otros países, bajo, si bien debemos tener en cuenta que resulta una buena estrategia de marketing su enriquecimiento vitamínico así como el que estén listos para su consumo. El gofio, sin embargo, es de por sí rico en minerales por lo que no necesita recurrir a estas estrategias tecnológicas y publicitarias para mejorar y defender su valor nutritivo. Además, es un alimento con bajo poder calórico; 365,63 Kcal/100g para el gofio de trigo y 367,75 Kcal/100 g para el gofio de mijo (Cepa, 2002). Este dato es importante para la sociedad del “culto a la delgadez” en la que vivimos. Evitar el sobrepeso se ha convertido en una obsesionante meta para muchos adolescentes. El síndrome de temor a la obesidad y los trastornos del comportamiento alimentario han pasado a ser, en el momento actual, un problema de salud pública, con mayor riesgo aún que la propia obesidad (Alonso Franch y Martínez Sopena, 2000).

Las últimas tendencias gastronómicas utilizan el gofio como ingrediente fundamental en postres como helados o mus de gofio, así como también formando parte de masas utilizadas para la elaboración tanto de platos complejos de alta repostería. No obstante, el consumo de gofio en estos platos no debemos tenerlo en consideración, pues se trata de un consumo poco habitual.

Sin embargo, las modificaciones en los hábitos alimentarios de la Población Canaria han conducido a una disminución del consumo de este producto. Los nuevos estilos de vida y la incorporación de la mujer al mundo laboral han contribuido a que se utilicen alimentos más rápidos y cómodos de elaborar. Esto ha llevado apareado la consiguiente pérdida no sólo de la saludable alimentación de décadas pasadas sino también de muchos valores culturales para las nuevas generaciones.

Tradicionalmente en Canarias se elaboraba una merienda infantil que consistía en una papilla a base de gofio, el zumo de naranja y plátanos triturados. Debemos recuperar el hábito del consumo de la misma, puesto que posee una extremada riqueza nutritiva, pues el ácido ascórbico y otras sustancias reductoras de las frutas utilizadas aumentan la absorción de los minerales presentes en el gofio. Este aporte mineral, su contenido en glúcidos complejos y los nutrientes de las frutas constituían una exquisita merienda para nuestros menores; no solamente desde el punto de vista nutricional, sino también desde el organoléptico (Rubio y *col*, 2006b).

Según el estudio enKid realizado en Canarias por Serra y *col*, (2000) el consumo medio de cereales de desayuno en Canarias es el mayor de toda España alcanzando valores de 19 g/día para varones y 17,5 g/día para mujeres. Además, el consumo de gofio no es homogéneo en todo el Archipiélago Canario. Teniendo en cuenta un estudio realizado en 1990, en la isla de Tenerife se consumen unos de 4,5 Kg de gofio por habitante y año, mientras que en la isla de Gran Canaria es de 2,5 Kg de gofio/hab/año (Suárez-Fraga y *col*, 1990). Asimismo, también tenemos que tener en cuenta que cada isla tiene distintas preferencias. En este sentido debemos destacar que la Isla de Gran Canaria elabora más gofio de mijo, en Tenerife se

consume preferentemente el gofio de mezcla de millo y trigo, y en La Palma principalmente el gofio de trigo.

Si tomamos los datos más actuales y elaborados por fuentes oficiales, debemos recurrir a la última encuesta nutricional realizada en la Comunidad Autónoma Canaria (ENCA, 2000). En ella, se refleja un consumo medio de 3,46 g/día de gofio de millo, 2,79 g/día de gofio de trigo y 0,75 g/día de gofio de siete cereales para el total de la población canaria.

En el mismo estudio se reflejan valores de consumo en función del sexo y se observa como el consumo medio de estos tres tipos de gofio (millo, trigo y siete cereales) en los hombres canarios fue de 4,14 g/día para el gofio de millo, 3,09 g/día para el gofio de trigo y 0,98 g/día para el gofio de siete cereales. Respecto a la frecuencia de consumo de este alimento, el 9,1% de los hombres canarios declaró consumir diariamente gofio de trigo y el 11,3% afirmó consumir gofio de millo. Sólo un 59,3 % de los hombres canarios no consume gofio de trigo y un 56,9 % dice no consumir gofio de millo.

Las mujeres canarias presentaron un menor consumo de estos tres productos, el consumo medio quedó establecido en 2,86 g/día para el gofio de millo, 2,52 g/día para el gofio de trigo y 0,55 g/día para el gofio de siete cereales. En cuanto a la frecuencia de consumo que de este alimento tan tradicional hacen las mujeres canarias, la encuesta nutricional canaria del año 2000 refleja que, el 9,3% de las mujeres canarias consume gofio de trigo y el 9,9 % consume gofio de millo diariamente. Sin embargo, en las mujeres existe una gran proporción de no consumidoras, pues el 63,3 % de ellas declaró no consumir gofio de trigo y el 60,5 % afirmó no consumir gofio de millo.

No cabe ninguna duda de que el grupo de población con mayor consumo de este alimento tradicional es el grupo de población de mayores de 60 años. Mientras el 15,8% de ellos consume gofio de trigo diariamente, el 17,6 % de los mayores de 60 años aseguró consumir gofio de millo a diario. Sin embargo, es relevante el porcentaje de población mayor de 60 años que declaró no consumir gofio, siendo el 55.5% de los canarios mayores de 60 años los que no consumen gofio de trigo y el 53,3 % de ellos los que dicen no consumir gofio de millo (ENCA, 2000).

El mayor porcentaje de no consumidores de gofio, tanto de trigo como de millo se encuentra en la población menor de 25 años. El 65% de ellos no consume nunca gofio. Asimismo, este grupo de población menor de 25 años es el que presenta menor frecuencia de consumo de gofio, ya que el porcentaje que declaró consumir gofio diariamente ronda el 8,1% para el gofio de trigo y el 7,1 % para el gofio de millo.

3.4. EL PERFIL SENSORIAL DEL GOFIO.

Uno de los aspectos más relevantes que presenta un alimento es su perfil sensorial. Sus atributos organolépticos tienen una gran influencia en como el fabricante del alimento debe definir sus estrategias de elaboración para mejorar la aceptación por parte del consumidor. El consumidor se siente satisfecho por un alimento cuando las sensaciones percibidas al ingerirlo le satisfacen, y además, cuando conoce los posibles beneficios que puede tener ese alimento en su dieta, y sus repercusiones nutricionales y dietéticas. Los atributos sensoriales de un alimento pueden ser variados cuando se modifican los ingredientes de partida, sus concentraciones y el proceso de elaboración en cualquiera de sus variantes (Sauvageot, 1982).

Las materias primas más utilizadas para la elaboración del gofio canario son el trigo y el millo, quedando en un segundo plano otros cereales, como el centeno, la cebada, e incluso algunas leguminosas como el garbanzo. Estos cereales, especialmente aportan atributos sensoriales que en algunos tipos de gofios canarios permiten una diferenciación bien marcada (Cerpa y col., 2001; Caballero y col., 2003b; Gutiérrez y col., 2006).

Para la realización de paneles sensoriales de gofio, al igual que lo que ocurre con cualquier otro alimento, resulta imprescindible la utilización de un utensilio para su degustación (Meilgaard y col., 1987). Son importantes los utensilios utilizados durante la preparación de la degustación, ya que éstos no pueden desprender compuestos volátiles enmascarando al producto en cuestión; o bien, que sean materiales porosos como la madera que en algunos alimentos absorben fases acuosas u oleaginosas (Ibáñez y Barcina, 2001).

En el gofio, una posible solución para el gofio podría ser el empleo de placas de petri plásticas transparentes que permiten una óptima visualización de la muestra de gofio, sin ninguna perturbación de la apreciación visual del color del gofio. Igualmente se recomienda que la degustación se realice sobre una mesa de color blanco, y todo material auxiliar como por ejemplo; servilletas, vasos de enjuague, cubiertos, especialmente cucharillas de muestras, que sean de color blanco (Caballero y col., 2001; Gutiérrez y col., 2006).

3.4.1. Aspecto visual del gofio y sus colores.

La sensación visual que percibe una persona al ver el gofio es el de un alimento con aspecto muy similar al de la harina, pues el tamaño de la partícula es similar a la obtenida en las harinas, de varias micras en algunos casos. Este tamaño de partícula dependerá del grado de molturación que el molinero desee darle al gofio. De aquí viene la expresión de “*gofio rolado*” cuando la sensación táctil del gofio (frotar gofio entre dos dedos) es bastante gruesa y áspera. Sin embargo, se dice que “*el gofio es fino*”, cuando las partículas son muy pequeñas, y suaves al tacto. A veces sucede en algunos casos, que al coger con la mano el gofio forma unos conglomerados, lo que nos podría indicar que se trata de un gofio con bastante humedad.

El color del gofio depende, en primer lugar, del cereal empleado (Caballero y col., 2001). Los gofios a base de millo presentan una coloración amarilla más o menos intensa, mientras que los de trigo presentan coloraciones desde el blanco hasta el beige. En función del grado de tostado del cereal antes de la molienda, tenemos coloraciones más oscuras a medida que el tueste es más intenso.

En los gofios el color también puede depender de la variedad de trigo o millo empleado. En cierta manera, el gofio a base de trigo se asemeja mucho a las harinas de trigo integrales que se obtienen a partir del cereal entero, con una coloración parda cuando el gofio es únicamente de ese cereal. En la figura 9 se pueden observar los distintos colores del gofio (aunque los tonos reales de los mismos pueden haber sufrido variaciones por el tratamiento digital de la fotografía original, se sigue permitiendo diferenciar las variaciones existentes entre las distintas muestras).

FIGURA 9
Los colores del gofio



En la mayoría de los casos, la coloración de los gofios sin tostar depende del color que posea el endospermo y el salvado del grano de cereal que se emplea. Como es lógico, en el trigo, el endospermo es de color blanco, pero su salvado pardo, por lo que la coloración del gofio será más o menos blanca a beige. En variedades de trigo con mayor proporción de endospermo, característica que se busca cada vez más en algunas variedades de trigo la coloración del gofio será más blanca. No debemos olvidar que el trigo que se emplea en los gofios proviene de las mismas variedades que se cultivan en Europa para la producción de harinas panificables. Asimismo, el color de los granos de trigo van desde el blanco amarillento hasta el rojizo oscuro, pasando por el melado.

Un parámetro que tendrá una influencia muy importante sobre el aspecto visual del gofio será el carácter vítreo o harinoso que posea el grano de cereal. Los granos de trigo que tienen fractura vítrea son los llamados “trigos duros”, y los que la tienen harinosa se denominan “trigos blandos”. Normalmente, el porcentaje de granos vítreos está en relación con la insolación del grano en el momento de la maduración. Por tanto, el vítreo aumentará en los lugares donde haya una maduración con mayor tiempo de insolación directa de sol. Igualmente, la producción de granos vítreos está relacionada con el abonado nitrogenado (que enriquece en proteínas). A mayor riqueza en gluten, mayor cantidad de granos vítreos.

Con relación a los gofios de millo, el color de su endospermo oscila entre blanco y amarillo. El aspecto amarillo de estos gofios será más intenso a medida que el grado de extracción sea mayor en la elaboración del gofio. En ciertos casos, se emplean variedades de millo coloreadas, y por tanto, proporcionarán gofios con mayor intensidad de color.

3.4.2. Los olores del gofio

La descripción de los olores y aromas percibidos durante la degustación del gofio es una de las fases más delicadas, porque se hace referencia a nuestra memoria olfativa, que en muchos casos, no se tiene la habitud de cultivarla (SSHA y ISHA, 1990). En el análisis olfativo del gofio tres parámetros serán los que juzgarán al gofio: La Intensidad, la Calidad de los olores y aromas, y su Carácter.

1. La **intensidad** de los olores será evaluada en relación con una escala de cinco valores: muy fuerte, media-alta, media, media-baja y baja. Por ejemplo, un gofio será calificado de "muy aromático u poco aromático", "una nariz baja o media". Se ha propuesto una escala numérica de 5 a 1 que equivaldría respectivamente a la escala anterior.
2. La noción de **calidad** contiene una parte de subjetividad. La sensación cualitativa se traduce por una impresión agradable cuando los perfumes son finos, distinguidos, elegantes y sutiles. Los olores groseros, vulgares, ordinarios serán percibidos de manera desagradable. Asimismo, la originalidad de los olores se expresarán a través de una nota muy agradable. Los aromas ricos y complejos serán siempre mejor apreciados que los aromas simples y elementales. Sin embargo, cuando la complejidad aromática sea muy fuerte como por ejemplo en los gofios muy tostados, una educación más específica será necesaria para juzgar si el bouquet es rico, complejo y potente; o si es duro, vulgar y violento. La calidad de un olor podrá por tanto, definirse con los siguientes términos: "agradable o desagradable", "fino, distinguido", "simple, rico o muy rico", "grosero, vulgar, ordinario, original" ...
3. El **carácter** es un parámetro que se está desarrollando mucho en otros alimentos como por ejemplo, los vinos, quesos, aceites, vinagres, chocolates y cafés, presenta un interés muy importante. En efecto, esta descripción hace referencia a los perfumes conocidos, que son susceptibles de encontrarse en la naturaleza. Es un medio muy eficaz de memorización de las sensaciones olfativas representativas de un gofio.

Por ejemplo, en una primera etapa de identificación se podría buscar una gran familia a la que puede pertenecer el perfume percibido. Entre estas familias, en el gofio podemos encontrar: frutos secos y torrefacción (Caballero y *col*, 2001). En una segunda etapa se buscaría en el seno de la gran familia de perfumes, el olor natural más próximo. Ejemplo: en el carácter fruto seco, se distinguiría de avellana, nuez, pistacho o higo.

3.4.3. Los sabores del gofio

El conjunto de las sensaciones percibidas cuando el gofio está en la boca forma el gusto (Caballero y *col*, 2001). Desde el instante en que el gofio se introduce en la boca, y toma contacto con las papilas gustativas, el degustador percibe una serie de sensaciones tales como:

1. **Dulzor**: esta sensación espontánea se percibe en la punta de la lengua, y es una de las primeras sensaciones. Se debe a la presencia de ciertos carbohidratos, algunos de los cuales pueden ser ciertos azúcares o

glucósidos. Normalmente, es un sabor que suele dominar en el sabor del gofio, pero en algunos tipos de gofios suele añadir una cierta complejidad de sabor junto a los de salado y/o tostado.

2. **Acidez:** se manifiesta por un pequeño picoteo sobre la parte lateral de la lengua, y sobre el interior de las encías. Este gusto suele presentarse en una intensidad baja, excepto en aquellos gofios que puedan presentar alguna alteración de sus ácidos grasos. No debemos olvidar que la presencia de ácidos libres en el gofio, y que por tanto, darían una sensación ácida mayor, es muy baja en relación con otros alimentos, como el vino o vinagre.
3. **Salado:** en el gofio el sabor salado tiene dos orígenes: por un lado, la sal (cloruro sódico) adicionada por el molinero para conferirle un mejor sabor, y por otro lado, y en menor medida, a las sales minerales existentes en el propio grano de trigo o millo. se expresa en el tercio anterior de la lengua. Normalmente, a baja concentración, el sabor salado y el dulce son difíciles de disociar. Un degustador entrenado reconoce el sabor salado a partir de una concentración cercana a los 0,50 g/L de NaCl.
4. **Amargor:** este sabor es captado en la parte posterior de la lengua, y por tanto, será el último en ser percibido.
5. **Adhesividad:** el gofio posee partículas de tamaño muy pequeño, lo que hace aumentar las fuerzas de cohesión con las mucosas de la boca, además al estar estas humedecidas por la saliva la adherencia será mayor a medida el tamaño de las partículas de gofio se hace más pequeño. Esta es la razón por la que los gofios "rolados" suelen poseer una adherencia menor en boca.
6. **Finura:** este parámetro sensorial guarda mucha relación al anterior. Determina el tamaño de las partículas de gofio en la boca, por lo que es una sensación táctil que se determina en gran parte del volumen de la boca, tanto en la lengua como en las encías, y se establece por el roce que de las partículas de gofio con esas partes de la boca, y también con el roce entre la lengua y el cielo del paladar. Cuanto mayor sea la adhesividad del gofio la finura será mucho mayor, es decir, las partículas de gofio son más pequeñas. Mientras esto sucede en la gran mayoría en los gofios de trigo, en los gofios de millo las partículas suelen ser mayores y más gruesas.
7. **Tostado:** este parámetro, se describe como un conjunto de sabores que se perciben como amargor, es decir, en gofios con mayor tostado, el amargor generalmente también suele ser mayor. También se percibe con sabores o gustos similares a la moka, el café, el bizcocho recién sacado del horno, a la galleta recién horneada, etc.

Por último, un parámetro que también es sensorial aunque no del gusto ni del olfato, es la sensación táctil del gofio cuando lo frotamos con los dedos. Este aspecto es muy importante entre los molineros porque suministra información acerca de cómo será el gofio en la boca. Al frotar entre los dedos un poco de gofio, cuanto más fino, más suave será el roce entre los dedos y por tanto su comportamiento en la boca será más agradable.

3.5. CARACTERÍSTICAS HIGIÉNICO-SANITARIAS DE LAS INDUSTRIAS ELABORADORAS DE GOFIO. EI ANÁLISIS DE PELIGROS Y PUNTOS DE CONTROL CRÍTICO (APPCC).

El Codex Alimentarius dio el primer paso para garantizar la producción de alimentos seguros al definir los códigos de buenas prácticas higiénicas. A pesar de que éstos se fueron tomando como garantía sanitaria en todas las empresas alimentarias, estos Códigos de buenas prácticas no han resultado ser garantía suficiente.

La primera norma que desde el punto de vista de normalización alimentaria recoge al gofio y establece su definición fue precisamente, el Código Alimentario Español publicado en 1964 que define el gofio, como el *“producto obtenido por la tostación de las harinas de trigo o maíz, o de sus granos someramente machacados con posterior pulverización”*.

Esta definición es errónea, puesto que se deduce de ella que la harina de trigo o millo o los granos someramente machacados, son las materias primas utilizadas; y que después de someterlos a un tostado se obtiene el gofio. Además, si bien los gofios más consumidos en Canarias son los de trigo, millo o mezcla de ambos, también se utilizan como materia prima otros cereales, como la avena, cebada, centeno, o incluso legumbres como garbanzos, chochos o habas. Dada esta controversia en su definición, se debe definir al gofio como *“producto obtenido de la molturación, en molinos de piedra, de cereales y/o legumbres previamente tostados”*.

El gofio carece de normativa específica que regule los requisitos técnico-sanitarios de las industrias productoras siendo por tanto de aplicación el Real Decreto 1286/1984, de 23 de mayo, se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de las harinas y otros productos de su molienda para consumo humano, como es el caso que tratamos.

Después de la incorporación de España en la Unión Europea, las industrias alimentarias se han tenido que adaptar a las normativas tanto de carácter horizontal como vertical que se han desarrollado en el seno de la Unión. Esta adaptación ha sido necesaria no solamente para garantizar el libre mercado, sino también, la seguridad de los productos puestos a disposición del consumidor.

La industria alimentaria ha hecho un gran esfuerzo en informar a los consumidores sobre los alimentos, pero en ocasiones este esfuerzo no es suficiente para tranquilizar al consumidor y conseguir que se tenga la certeza de que un producto que se encuentra a la venta es sano, seguro e inocuo (Cervera y col, 1999).

La tecnología aplicada en las industrias alimentarias y las, cada vez, más largas y complejas cadenas alimentarias hacen que desde el punto de vista de la salud pública se tenga mayor interés en asegurar la inocuidad de los alimentos.

La Directiva 93/43/CEE de Consejo, de 14 de junio de 1993, relativa a la higiene de productos alimenticios transpuesta al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto 2207/1995 del 28 de diciembre (actualmente derogado) y el Real Decreto 202/2000 de 11 de febrero, indujo un importante desarrollo en la autorregulación higiénica de las distintas fábricas alimentarias, obligando a todas las empresas alimentarias a establecer el *“Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico”* (APPCC), independientemente del volumen de producción. El APPCC es un sistema de autocontrol, basado en la prevención, que identifica, evalúa y controla los peligros sanitarios de los alimentos.

Uno de los aspectos más significativos, no es solamente la obligatoriedad de las industrias a elaborar su propio sistema de autocontrol, puesto que son consideradas las responsables de garantizar la producción de alimentos seguros e inocuos, sino que dicho autocontrol debe ser establecido de forma documentada. El Real Decreto 202/2000 modificó la definición del sistema de autocontrol por Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico.

Se trata de un sistema que evalúa los peligros en el alimento y establece medidas basadas en la prevención tratando de analizar aquellos puntos del proceso en los que la aplicación de una medida de control elimine o reduzca el peligro hasta un nivel en el cual no existan problemas de salud para los consumidores. En la práctica lo deseable es mantenerlos en un mínimo, tal que sea posible dar la máxima atención a las medidas preventivas esenciales para la inocuidad.

La aplicación no solamente esta acotada a la propia industria, ya que para garantizar su objetivo, la empresa debe garantizar las condiciones de la materia prima o de cualquier otro aspecto que interfiera en el proceso de producción de los alimentos. Es por ello, que los Sistemas de Autocontrol se podrían considerar como la herramienta capaz de asegurar la inocuidad de los alimentos, pues cuando es riguroso tiene en consideración todos los aspectos de la cadena de producción alimentaria y la entiende como un continuo desde la producción primaria hasta la venta o el suministro de alimentos al consumidor final.

El Reglamento 178/2002 del Parlamento europeo y del Consejo, de 28 de enero de 2002, estableció los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, creó lo que se denominó la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y fijó los procedimientos relativos a la seguridad alimentaria. Esta normativa es la primera que establece las pautas para la determinación del riesgo, según lo dispuesto en ella, se fundamenta en cuatro etapas bien diferenciadas; identificación del factor de peligro, caracterización del factor de peligro, determinación de la exposición y caracterización del riesgo.

El APPCC se basa en siete principios fundamentales:

- 1º) Identificar los peligros potenciales relacionados con la producción de alimentos en todas sus fases, evaluando la posibilidad de su presentación (riesgo), y definir las medidas preventivas necesarias para su control.
- 2º) Determinar las fases / procedimientos / puntos operacionales que pueden ser controlados para eliminar los riesgos o minimizar la probabilidad de que se produzcan.
- 3º) Fijar los límites críticos que deben respetarse para asegurar el control de cada PCC.
- 4º) Establecer un sistema de vigilancia o monitorización que, por medio de observaciones o ensayos programados, permita asegurar que cada PCC está bajo control.
- 5º) Establecer las acciones correctoras a adoptar cuando se hayan superado los límites críticos y un determinado PCC esté fuera de control.
- 6º) Establecer los procedimientos de verificación para confirmar que el sistema APPCC funciona correctamente.
- 7º) Establecer un sistema de registro o documentación de todos los procedimientos y datos relacionados con estos principios y su aplicación.

La utilidad de este sistema aplicado requiere considerar las características intrínsecas del alimento, especialmente en aquellos donde no es posible establecer todos los procedimientos y controles del sistema. Los fundamentos científicos y la investigación en el campo de los alimentos es fundamental para la implantación del autocontrol, ya que en ocasiones la determinación de parámetros a controlar y la delimitación de los límites críticos no se pueden establecer sin la experimentación previa. Asimismo, deben ser supervisados por la administración sanitaria lo que supone que valorar la utilización del sistema requiere cada vez mayores conocimientos y se hace necesario contar con profesionales que conozcan con detalle cada uno de los sectores alimentarios. La utilización del sistema es sin duda la mayor garantía de inocuidad alimentaria que otros métodos de control, como la inspección tradicional o las evaluaciones mediante análisis de los productos terminados, puesto que se basa en el conocimiento de los factores que contribuyen a la transmisión de enfermedades.

Desde enero de 2006, entró en vigor el Reglamento 853/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004 que establece lo relativo a la higiene de los productos alimenticios y en mayo del mismo año se publica y entra en vigor el Real Decreto 640/2006, de 26 de mayo, por el que se regulan determinadas condiciones de aplicación de las disposiciones comunitarias en materia de higiene, de la producción y comercialización de los productos alimenticios. Estas normativas sustituyen, y por tanto derogan a la Directiva 93/43/CEE y al Real Decreto 2207/95 que la traspuso al ordenamiento jurídico español. La nueva normativa tiene dos grandes diferencias con respecto a las normativas anteriores; la primera diferencia es que incorpora la producción primaria en sus normas; y la segunda, es que el texto tiene mayor posibilidad de interpretaciones, y establece mayor flexibilidad siempre y cuando no se pongan en peligro los objetivos de higiene.

Las condiciones de higiene en las industrias alimentarias son los requisitos básicos de su funcionamiento, en este sentido antes de la aplicación de un APPCC estas condiciones mínimas se deben cumplir, son los llamados "Prerrequisitos", en este trabajo se han valorado en el apartado correspondiente denominado condiciones higiénico-sanitarias del sector. Las características mínimas más importantes en cuanto a los locales donde se elaboran productos alimenticios las podríamos resumir en:

- Las industrias deberán poseer en todas sus instalaciones suelos, paredes y techos lavables, inalterables, resistentes y de colores claros para facilitar su limpieza. Las uniones entre suelos y paredes debieran ser redondeadas para conseguir con más facilidad su limpieza y desinfección. Los techos serán de tal forma que eviten la acumulación de polvo y no se produzcan condensaciones.
- La iluminación en todas las instalaciones de la industria serán de luz natural, provenientes de ventanas dotadas de mallas que eviten el paso de insectos, o bien de sistemas de iluminación artificial como bombillas o tubos fluorescentes pero siempre protegidos mediante un plafón protector.
- Todas las superficies, recipientes, tuberías y útiles de trabajo, serán de materiales idóneos y en todos los casos deberán garantizar las condiciones higiénicas de los alimentos, serán inalterables y no cederán sustancia alguna, ni modificarán las características del gofio o de los cereales con los que esta en contacto.
- Los desagües en todos los casos deberán estar dotados de sifones para evitar los malos olores y de rejillas que dificulten el paso de insectos o roedores.

- Utilización de agua potable para la higiene de los manipuladores y las operaciones de limpieza de la industria.
- Aseos sin conexión directa al área de manipulación y dotados de agua caliente y fría, secador de manos o toallas de papel de un solo uso y de dispensador de papel.

En el gofio, hablar de seguridad alimentaria se podría resumir en controlar las buenas prácticas de higiene y contar con unas adecuadas instalaciones, o lo que es lo mismo; disponer de los llamados “*prerrequisitos*”, si previamente garantizamos la materia prima (Caballero y *col*, 2006^a). Esta estabilidad es debida a que es un alimento de muy baja actividad de agua, siendo de 0,28 a 0,14 en el gofio de millo, y menor para el de trigo, con una media de 0,26; por lo que con estos valores no se produce el crecimiento microbiano con facilidad (Cerpa, 2002). El único problema que pudiera surgir es el crecimiento fúngico cuando se almacena en condiciones inadecuadas. Si bien, cuando se realiza la molturación tradicional del millo entero, sin desgerminar, suelen aparecer problemas de enranciamiento (Hoseney, 1991), en el gofio este proceso no parece suceder, ya que se mantiene estable a largo del tiempo.

En un estudio microbiológico realizado en 80 muestras de gofios procedentes de la isla de Tenerife no se detectó la presencia de las bacterias patógenas que se buscaron (*Salmonella*, *Shigella*, *Bacillus cereus* y *Escherichia coli*), lo único que se detectó en dos muestras es que se superaban los valores límites de colonias aerobias mesófilas. En cuanto a la presencia de mohos se detectaron en 8 muestras si bien, en ninguna de ellas superaban los límites fijados por la normativa de aplicación (Arocha y *col*, 2008).

En la figura 5 de la página 14 se puede observar el diagrama de flujo del proceso y por tanto cada una de las fases de elaboración. En cada etapa se pueden establecer las condiciones higiénico-sanitarias o normas/aspectos que se deben aplicar para una correcta manipulación, cumpliendo estos aspectos de forma oportuna para cada industria se puede establecer un APPCC relativamente sencillo, a continuación se detallan estos aspectos en función de la fase de producción.

- **Recepción y almacenamiento de la materia prima.**

- La materia prima que se utiliza para la elaboración de gofio, debe provenir siempre de distribuidores autorizados, puesto que son los que pueden dar las suficientes garantías higiénicas. La sal es también utilizada como ingrediente debiendo ser apta para uso alimentario. Los furgones o camiones de los proveedores deben ser cerrados, ser de uso exclusivo y estar autorizados por la administración sanitaria.
- Para el trigo, y por extensión al resto de las materias primas, el cereal debe cumplir lo dispuesto en el título IV, artículo 10 y 11 del Real Decreto 1286/1984, de 23 de mayo, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de las harinas y sémolas de trigo y otros productos de su molienda para consumo humano, el cual establece las condiciones higiénicas de las mismas.
 - Artículo 10.b; “los productos objeto de esta Reglamentación deberán proceder de materias primas que no estén alteradas, adulteradas o contaminadas”.

- Artículo 11.1; “con carácter general los cereales responderán a las siguientes características: “serán sanos, legales y comerciales, aptos para consumo humano, exentos de olores extraños y depredadores vivos, de color y calidad propias de la variedad a que corresponda, recolectados y conservados en condiciones normales”.
 - En el caso de que el cereal llegue a granel, éste deberá ser almacenado en silos o depósitos que eviten su deterioro, construidos con materiales idóneos o en el caso de la utilización de silos de cemento, recubiertos de pinturas aptas para estar en contacto con los alimentos y de fácil limpieza y desinfección. Cuando llegan en sacos deben almacenarse con una separación efectiva, del suelo y de las paredes, de aproximadamente 15 centímetros (utilización de palets). Evitando colocar otras sustancias, útiles o materiales encima de ellos.
 - Realizar una correcta manipulación de los cereales en el momento de cambiarlos de sitio o de introducirlos en otros recipientes y/o depósitos.
 - Mantener una efectiva separación entre los cereales crudos y aquellos que han sido sometidos al tueste, y evitar el contacto con lugares donde se van a almacenar los productos o útiles utilizados en procesos posteriores al tueste, previendo las contaminaciones cruzadas.
 - El tiempo de permanencia en los sacos o en los silos será aquel que garantice el mantenimiento del cereal en óptimas condiciones y estará en función de la tecnología utilizada. Además, será necesaria la verificación visual del estado del almacenamiento de los sacos cada cierto tiempo, comprobando su estado higiénico-sanitario.
- **Limpieza de los cereales crudos.**
- Los materiales como limpiadoras, zarandas y otros útiles necesarios serán usados solamente para la materia prima evitando, en todo momento, que los mismos se utilicen también para la limpieza del cereal ya tostado.
 - Evitar la contaminación tanto en el interior de la limpiadora como en la manipulación posterior, entre el cereal limpio y la suciedad retirada.
 - En los casos donde la limpieza no ha sido suficiente, el cereal se someterá nuevamente a dicha operación.
 - Realizar un aislamiento efectivo de todos los residuos separados mediante los sistemas de limpieza, teniendo en cuenta que éstos son susceptibles de producir contaminación cruzada. Debemos eliminar y tratar como basuras todo lo que se rechaza en el proceso de limpieza, siendo un buen sistema la utilización de sacos plásticos perfectamente cerrados.
 - Se deberá proceder a la limpieza de la limpiadora una vez que se ha finalizado el proceso con el fin de evitar que restos de cereales o suciedad permanezcan en ranuras o superficies y que puedan originar contaminaciones en las sucesivas limpiezas.
- **Tueste.**
- Debemos tener en cuenta la importante función que ejerce el tostado desde el punto de vista de la seguridad alimentaria. El interior de la tostadora se encuentra a una temperatura superior a 150° C, constituyéndose este proceso como un método de higienización eficaz al eliminar los microorganismos existentes en la

materia prima. Además un correcto tueste garantiza unas características organolépticas adecuadas del producto final.

- El punto de control en esta fase de producción es el adecuado mantenimiento de la tostadora. Desde el punto de vista tecnológico el diseño de la misma es un aspecto fundamental para evitar contaminaciones de hidrocarburos, aceites, restos metálicos o de materiales de la construcción. El flujo de entrada y salida de los cereales debe ser constante de forma que se evite el exceso de tiempo o de temperatura que provocarían la aparición de cereales carbonizados o de escorias.

- **Enfriado y almacenamiento del cereal tostado.**

- El enfriamiento del cereal se puede llevar a cabo almacenándolo a temperatura ambiente, en el interior de depósitos de acero inoxidable u otro material apto para estar en contacto con los alimentos, ó bien hacer uso de dispositivos de enfriamiento rápido, como los utilizados en industrias que producen gofio en ciclos productivos continuos, como pueden ser ciclones, aire a contracorriente o agitadores.
- La utilización, por parte de molinos artesanales, de sacos para el enfriamiento del cereal después de tostado, requiere que sean de materiales autorizados para estar en contacto con los alimentos. Estos sacos no pueden ser los que han contenido previamente materia prima, y además deberán ser de un solo uso. En caso contrario, los sacos deberán ser lavados e higienizados adecuadamente y su secado deberá efectuarse en secadora, nunca colgados a temperatura ambiente. Además, se debe comprobar su estado, que no presenten aberturas, roturas u otros defectos que pudieran generar riesgo de contaminación.
- La permanencia del cereal recién tostado en los depósitos y en los sacos será el menor tiempo posible para evitar la contaminación del cereal, pues este producto intermedio no va a sufrir más procesos de higienización, y la contaminación adquirida podría desarrollarse sin dificultad en el producto molturado y envasado.
- Al igual que lo señalado para el almacenamiento de sacos para la materia prima, los sacos de cereales deben almacenarse con una separación efectiva, del suelo y de las paredes de aproximadamente 15 centímetros (utilización de palets). Evitando colocar otras sustancias, útiles o materiales encima de ellos.
- Igualmente, cuando el cereal tostado se almacena en depósitos se debe llevar un control del tiempo de permanencia, puesto que de él dependerá la estabilidad microbiológica del producto terminado.

- **Segunda limpieza.**

- Esta operación no tiene especial importancia desde el punto de vista higiénico, se realiza para eliminar cascarillas que se hayan podido desprender en el tostado y evitar sabores amargos en el producto final. No obstante es necesario un correcto mantenimiento del aparato y de las canalizaciones para evitar contaminación.
- Este procedimiento se realiza con maquinarias iguales a las descritas en la fase de la primera limpieza, pero nunca deberán ser las mismas, ni tampoco las canalizaciones debido al alto el riesgo que supone la contaminación cruzada entre el cereal crudo y el tostado.

- En el caso de utilizar sistemas neumáticos de transporte y/o limpieza se deberá evitar la utilización de aire que pudiera ser susceptible de contaminar el alimento.

- **Molturación.**

- Los materiales utilizados en esta fase serán los autorizados para estar en contacto con los alimentos, si bien, el más utilizado en este tipo de canalizaciones y depósitos es el acero inoxidable.
- Si el gofio se recogiera en sacos, deberán ser de uso alimentario, perfectamente limpios y de un solo uso. También se pueden utilizar pequeños contenedores de acero inoxidable móviles que se desplazan hasta la salida del molino y que luego son utilizados para la venta a granel al consumidor final.
- Establecer distintos controles organolépticos, cuando el gofio sale del interior del molino, especialmente después del picado de las piedras, estableciendo revisiones periódicas de las condiciones del molino para evitar la presencia de cuerpos extraños, grasas y sustancias químicas transferidas desde la maquina al producto. Se debe tener en cuenta que pueden aparecer restos de piedra después del picado de las muelas debido a la escasa molienda del cereal.
- Manipuladores especialmente adiestrados en la molinería que controlen el proceso de molturación, sobre todo la separación entre las dos piedras, ya que con el aumento de la temperatura entre las dos piedras se puede quemar el gofio, o bien por una sobrealimentación se disminuye la eficacia de la molturación, aumentando la granulometría del producto final, no obstante este último aspecto tiene importancia en relación con la aceptación del consumidor y no con aspectos higiénico-sanitarios.

- **Envasado y/o almacenamiento del gofio.**

- Los sacos se almacenarán separados del suelo (mediante palets, o cajas plásticas invertidas) y de las paredes.
- Utilización de contenedores de acero inoxidable o de uso alimentario provistos de tapas para el almacenamiento del gofio destinado a la venta en mostrador o a la espera del proceso de envasado.
- Breve espacio de tiempo entre elaboración y envasado, será adecuado una vigilancia de la apertura de los depósitos de almacenamiento del gofio.
- Revisión de las bobinas de plástico antes de proceder al envasado y correcta eliminación de residuos de las mismas.
- Almacenaje correcto de los envases llenos, separados de suelos y paredes y en zonas habilitadas y específicas para ello.
- Control de posibles defectos de los paquetes una vez que han sido envasados, especialmente observando la soldadura del cierre.
- Correcta manipulación en la estiba de los paquetes de gofio o de las cajas plásticas que contienen los envases.
- Se utilizarán para la venta del gofio a granel palas de fácil limpieza y desinfección.
- Evitar mantener los depósitos del mostrador abiertos durante más tiempo del necesario para tomar el gofio con la pala y pesarlo.
- No tocar con las manos el interior de los envases destinados a contener el gofio (cartucho de papel o bolsa plástica).

Si bien no es propiamente una fase de la producción de gofio lo relativo a los sistemas de transporte de cereales y/o gofio dentro de la industria, conviene tener en cuenta aquellos aspectos que pudieran condicionar la calidad higiénica del producto o materia prima. En este sentido se debe considerar lo siguiente:

- En el diseño de canalizaciones de transporte se deberán evitar, en lo posible, zonas muertas, donde se pueda acumular el cereal.
- Utilizar materiales que no produzcan contaminación ni liberen residuos, siendo aconsejable la instalación de detectores de metales y/o imanes como método de detección de contaminación física metálica.
- En sistemas que hagan uso de corrientes de aire, ya sea con presión negativa o positiva, habrá que tener en cuenta la utilización y limpieza de los filtros utilizados.
- Revisión periódica del interior de las cuartillas, aconsejando que posean una cubierta de acero inoxidable en su interior, ya que la madera se deteriora con relativa facilidad.

En cuanto a la elaboración de un modelo de análisis de peligros y puntos de control crítico en este tipo de industrias, que pueda servir para la aplicación en cualquier industria, productora de gofio, actualmente se está desarrollando una guía práctica por parte de nuestro equipo de investigación y otros colaboradores. De las tablas IV a la XI se exponen lo que pudieran ser los cuadros de gestión del sistema, pudiéndose observar en ellos, de forma general, por cada una de las fases el riesgo, las medidas preventivas, los límites críticos o las consideraciones al respecto, la vigilancia que se debe efectuar, las medidas correctoras y los registros correspondientes. No obstante, conviene indicar que los mismos deberán ser modificados para su aplicación práctica teniendo en cuenta que el ejemplo aquí presentado no pretende ser sino una aportación del autor para la implantación de estos sistemas, considerando siempre que se cumplen de forma estricta todos los aspectos higiénicos considerados como prerequisites.

Tabla IV
Cuadro de gestión: recepción de materia prima.

FASE	RIESGO	MEDIDAS PREVENTIVAS	LÍMITE CRÍTICO	VIGILANCIA	MEDIDAS CORRECTIVAS	REGISTRO
Recepción de materias primas.	* Contaminación del propio cereal: - Biológica: Microbiológica, insectos o sus restos, fases larvarias, roedores (excrementos). -Física: Restos metálicos de la maquinaria utilizada. -Química: Sustancias conservantes no autorizadas, residuos de plaguicidas, metales pesados, altas concentraciones de aflatoxinas.	* Proveedores y transportes con garantías sanitarias: - Condiciones de los cereales (contrato). - Autorizaciones sanitarias. (PRERREQUISITOS)	* Límites establecidos según la normativa vigente según certificaciones que acompañan a cereales y envases.	- Grado de adecuación de los certificados de entrega de partidas.	- Rechazo y devolución de partidas. - Cambio de proveedor.	- Certificado de entrega y/o controles de calidad aportados por proveedores (prerrequisitos). - Incidencias.
Almacenamiento del cereal y o envases	* Contaminación biológica: microorganismos, insectos o sus restos, fases larvarias, roedores (excrementos).	Cumplimiento de prerrequisitos y de normas de correcta elaboración.	-----	- Control organoléptico del cereal periódicamente si fuera necesario.	-----	- Incidencias. * Planes de mantenimiento de instalaciones y maquinaria. - Documentación acreditativa de cumplimiento de prerrequisitos.

Tabla V
Cuadro de gestión: primera limpieza.

FASE	RIESGO	MEDIDAS PREVENTIVAS	LÍMITE CRÍTICO	VIGILANCIA	MEDIDAS CORRECTORAS	REGISTRO
Primera Limpieza del cereal.	* Contaminación química, física o biológica por utilización de materiales poco higiénicos, no autorizados.	Cumplimiento de prerrequisitos y de normas de correcta elaboración.	-----	* La establecida según planes de mantenimiento de instalaciones y maquinarias. * Documentación acreditativa de cumplimiento de prerrequisitos.	-----	* Incidencias. * Planes de mantenimiento de instalaciones y maquinaria. * Documentación acreditativa de cumplimiento de prerrequisitos.

Tabla VI
Cuadro de gestión: tueste.

FASE	RIESGO	MEDIDAS PREVENTIVAS	LÍMITE CRÍTICO	VIGILANCIA	MEDIDAS CORRECTORAS	REGISTRO
Tueste	* Contaminación química o física. * Aparición de escorias o granos quemados.	Cumplimiento de prerrequisitos y de normas de correcta elaboración.	-----	* La establecida según planes de mantenimiento de instalaciones y maquinarias. * Documentación acreditativa de cumplimiento de prerrequisitos.	-----	* Incidencias. * Planes de mantenimiento de instalaciones y maquinaria. * Documentación acreditativa de cumplimiento de prerrequisitos.

Tabla VII
Cuadro de gestión: almacenamiento del cereal tostado.

FASE	RIESGO	MEDIDAS PREVENTIVAS	LÍMITE CRÍTICO	VIGILANCIA	MEDIDAS CORRECTIVAS	REGISTRO
Almacenamiento del cereal tostado.	* Contaminación biológica: microorganismos, insectos o sus restos, fases larvarias, roedores (excrementos).	Cumplimiento de requisitos y de normas de correcta elaboración.	-----	- Control organoléptico del cereal periódicamente si fuera necesario.	-----	- Incidencias. * Planes de mantenimiento de instalaciones y maquinaria. - Documentación acreditativa de cumplimiento de requisitos.

Tabla VIII
Cuadro de gestión: limpieza del cereal tostado.

FASE	RIESGO	MEDIDAS PREVENTIVAS	LÍMITE CRÍTICO	VIGILANCIA	MEDIDAS CORRECTIVAS	REGISTRO
Limpieza del cereal tostado	* Contaminación química, física o biológica por utilización de materiales poco higiénicos, no autorizados.	Cumplimiento de requisitos y de normas de correcta elaboración.	-----	* La establecida según planes de mantenimiento de instalaciones y maquinarias. * Documentación acreditativa de cumplimiento de requisitos.	-----	* Incidencias. * Planes de mantenimiento de instalaciones y maquinaria. * Documentación acreditativa de cumplimiento de requisitos.

Tabla IX
Cuadro de gestión: Molturación.

FASE	RIESGO	MEDIDAS PREVENTIVAS	LÍMITE CRÍTICO	VIGILANCIA	MEDIDAS CORRECTIVAS	REGISTRO
Molturación	* Contaminación física: - Restos de piedra. * Contaminación microbiológica.	Cumplimiento de requisitos y de normas de correcta elaboración.	-----	* La establecida según planes de mantenimiento de instalaciones y maquinarias. * Documentación acreditativa de cumplimiento de requisitos.	-----	* Incidencias. * Planes de mantenimiento de instalaciones y maquinaria. * Documentación acreditativa de cumplimiento de requisitos.

Tabla X
Cuadro de gestión: almacenamiento del gofio.

FASE	RIESGO	MEDIDAS PREVENTIVAS	LÍMITE CRÍTICO	VIGILANCIA	MEDIDAS CORRECTORAS	REGISTRO
Almacenamiento del gofio	* Contaminación biológica: -hongos (aflatoxinas). -microorganismos. -insectos. * Contaminación física o química.	Cumplimiento de prerrequisitos y de normas de correcta elaboración.	-----	* La establecida según planes de mantenimiento de instalaciones y maquinarias. * Documentación acreditativa de cumplimiento de prerrequisitos.	-----	* Incidencias. * Planes de mantenimiento de instalaciones y maquinaria. * Documentación acreditativa de cumplimiento de prerrequisitos.

Tabla XI
Cuadro de gestión: Expedición.

FASE	RIESGO	MEDIDAS PREVENTIVAS	LÍMITE CRÍTICO	VIGILANCIA	MEDIDAS CORRECTORAS	REGISTRO
Expedición	* Contaminación biológica. * Contaminación química por migraciones de polímeros de los envases plásticos.	Cumplimiento de prerrequisitos y de normas de correcta elaboración.	-----	* La establecida según planes de mantenimiento de instalaciones y maquinarias. * Documentación acreditativa de cumplimiento de prerrequisitos.	-----	* Incidencias. * Planes de mantenimiento de instalaciones y maquinaria. * Documentación acreditativa de cumplimiento de prerrequisitos.

3.6. ETIQUETADO DE LOS ENVASES DE GOFIO.

El etiquetado de los productos alimenticios es uno de los aspectos que más se tiene en cuenta en el derecho comunitario, el Libro Verde de 30 de abril de 1997 dedica una gran parte de su contenido a ello, pues se considera que son necesarias normativas obligatorias que permitan a los consumidores acceder fácilmente a la información que se muestra en las etiquetas de los productos (Pablo y Moragas, 2002).

El gofio no escapa de la aplicación de la legislación alimentaria por lo que las menciones que se deben realizar en el etiquetado de un paquete de gofio deben de cumplir con lo dispuesto en la normativa aplicable, teniendo en cuenta los datos mínimos que se deben indicar en la etiqueta y la forma de realizar dicha indicación.

La norma general de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios, aprobada por el Real Decreto 1334/1999, de 31 de julio, ha sido modificada en diversas ocasiones por otras normativas que atienden a la incorporación al ordenamiento jurídico español de directivas comunitarias. La primera modificación de esta norma tuvo lugar en el año 2000, a través del Real Decreto 238/2000, de 18 de febrero, puesto que había que establecer excepciones a la indicación de la cantidad de un ingrediente en la etiqueta. Posteriormente se publicaron el Real Decreto 1324/2002, de 13 de diciembre, y el Real Decreto 2220/2004, de 26 de noviembre, este último atiende a la obligación de incluir en la etiqueta aquellos ingredientes que son susceptibles de producir alergias alimentarias, pues el Comité Científico de la salud humana ha señalado que la incidencia de alergias alimentarias ha llegado al punto de afectar a la salud e incluso a la vida de muchas personas.

Las últimas modificaciones a la norma publicadas en el 2005 son los reales decretos 892/2005, de 22 de julio y el Real Decreto 1164/2005, de 30 de septiembre que establecen, respectivamente, otras menciones obligatorias de las previstas para los productos alimenticios que contienen ácido glicirrónico y su sal amónica; y la suspensión temporal de la obligatoriedad de mención en la etiqueta de algunos ingredientes susceptibles de poder causar reacciones adversas a personas sensibles.

En cuanto a las menciones referentes al etiquetado nutricional la normativa que lo regula es menos numerosa solamente habrá de estar a lo dispuesto en el Real Decreto 930/1992, de 17 de julio, por el que se aprueba la norma de etiquetado sobre propiedades nutritivas de los productos alimenticios y en su modificación según el Real Decreto 2180/2004, de 12 de noviembre, que establece el factor de conversión adecuado para el salatrim, a la hora de calcular el valor energético declarado del producto, si bien este nuevo ingrediente alimentario es utilizado solamente en productos de panadería y confitería.

Recientemente se ha publicado la Directiva 2008/100/CE de la Comisión, relativa al etiquetado sobre propiedades nutritivas en productos alimenticios en lo que respecta a cantidades diarias recomendadas y factores de conversión de la energía. Esta normativa aporta como aspectos más importantes en su aplicación al gofio los siguientes: la inclusión de la fibra alimentaria en el cómputo de la energía y la posibilidad de señalar en el etiquetado mayor número de sales minerales. No obstante no se ha tenido en cuenta para este estudio, ya que será de obligado cumplimiento a partir del 31 de octubre de 2009, previa incorporación al ordenamiento jurídico español.

Algunos productos alimenticios poseen una norma específica que regula las menciones en el etiquetado, así por ejemplo el Real Decreto 946/2003, de 18 de julio, establece lo relativo a la etiqueta de los espárragos blancos en conserva y el Real Decreto 906/2003, de 11 de julio, los aspectos de la etiqueta de aquellos productos que contienen quinina o cafeína. Respecto al etiquetado del gofio es aplicable, además de la norma básica, lo recogido en su normativa vertical por lo que indicará aquello que el Real Decreto 1286/1984, de 23 de mayo, establece como indicaciones que se deben señalar de forma obligatoria en el etiquetado de los productos que regula.

En la figura 10 que simula una etiqueta de gofio, se indican las menciones mínimas que debe contener la misma, así como la forma en la que se deben indicar. Asimismo, se debe señalar que las menciones referentes al etiquetado nutricional son facultativas y no son obligatorias a no ser que se hagan indicaciones de algún aspecto nutritivo del producto. Por ello, en la figura 10 las menciones en este sentido son opcionales pues no se hace mención alguna a los nutrientes en el resto de la etiqueta.

FIGURA 10

Modelo de etiquetado de un envase de gofio.

MOLINOS TABORNO	
Gofio de cereales	
Ingredientes: Trigo, millo, avena, cebada, centeno, mijo y sal.	
Información nutricional	
Valor nutricional por 100 g de gofio	
Valor energético	Kcal
Proteínas	g
Hidratos de carbono	g
Azúcares	g
Grasas	g
Ác. grasos saturados	mg
Fibra alimentaria	mg
Sodio	mg
<i>Consérvese en sitio seco y aislado del suelo</i>	
Molinos Taborno, SL c/ Alcocer nº 51 Santa Cruz de Tenerife. Islas Canarias. España.	Consumir preferentemente antes de fin de <i>mm</i> de <i>aaa</i>
500g e	
	Lote: 25.0.34 R.S.: 20.nnnnn/TF

Un aspecto que merece especial atención en cuanto al etiquetado es la indicación obligatoria de declarar si alguno de los ingredientes se ha obtenido a partir de organismos modificados genéticamente según lo establecido en el Reglamento 1139/98 del Consejo, de 26 de mayo de 1998, relativo a la indicación obligatoria, en el etiquetado de determinados productos alimenticios fabricados a partir de organismos modificados genéticamente. También existe normativa al respecto si se utilizaran aditivos y aromas según el Reglamento 50/2000 de la Comisión, de 10 de enero de 2000 relativo al etiquetado de los productos alimenticios e ingredientes alimentarios que contienen aditivos y aromas modificados genéticamente o producidos a partir de organismos modificados genéticamente, si bien es inviable la utilización de aditivos o aromas en el gofio.

Actualmente, un porcentaje muy alto del millo que se encuentra en el comercio a granel proviene de semillas sometidas a mejoras genéticas, pues determinadas variedades de millo cuentan con autorización a este respecto. Es por ello fundamental que en las partidas que los proveedores sirven a las industrias, se adjunte la correspondiente certificación de origen, pues de lo contrario pudiera tratarse de cereales modificados genéticamente.

Teniendo en cuenta el Reglamento 2092/91 del Consejo, de 24 de junio de 1991, sobre la producción agrícola ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimenticios y el recién publicado Real Decreto 1614/2005, de 30 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 1852/1993, de 22 de octubre, sobre producción agrícola ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimenticios, los términos como “eco” o como “bio” no se podrán aplicar en el gofio si la materia prima no proviene de agricultura ecológica. Tampoco se podría realizar cualquier mención que pudiera inducir a error al consumidor, o la publicidad que se considere engañosa según lo establecido en la Ley 34/1988 General de Publicidad, de 11 de noviembre.

3.7. METALES ESENCIALES Y TÓXICOS, SU REGULACIÓN EN LOS ALIMENTOS. IMPORTANCIA EN LOS CEREALES.

3.7.1 Metales esenciales.

Algunos metales son necesarios para el desarrollo de la vida, y se caracterizan como esenciales al poseer funciones bioquímicas específicas en al menos tres especies animales, también cuando su déficit origina la aparición de patologías propias cuyos síntomas mejoran con la administración de este y reaparece la enfermedad cuando su aporte vuelve a ser deficitario, o bien cuando la ausencia en las cantidades necesarias disminuye la esperanza de vida, retrasa el crecimiento o produce alteraciones en la reproducción.

Dentro de este grupo se encuentran los denominados oligoelementos, elementos traza o micronutrientes como el hierro, el zinc, el manganeso y el cobre, que tienen una función fisiológica en el organismo, requiriendo cantidades diarias variables entre miligramos o microgramos. Otros metales imprescindibles para el desarrollo normal de la vida y que aparecen en mayores cantidades en los seres vivos son el sodio, potasio, calcio y magnesio, estos son los denominados macroelementos puesto que son necesarios en mayor cantidad (gramos). En los puntos que a continuación se señalan se desarrollaran los aspectos nutricionales más relevantes de cada uno de ellos.

El gofio, como ya se ha comentado es rico en minerales, pues es un producto obtenido con el cereal entero, sin embargo debemos tener en cuenta que los datos no dejan de ser aproximados ya que el contenido mineral puede variar, fundamentalmente por las características de las zonas de producción de los granos utilizados para la elaboración del producto. En general, casi todas las sustancias minerales (61% del total) están concentradas en la capa de aleurona del cereal (Hoseney, 1991).

No obstante se debe tener en consideración aquellos procesos a los que se someten los cereales, pues en ocasiones se producen modificaciones de concentración de los distintos elementos metálicos. Zhang y *col* (1997) en un estudio comparativo sobre distintas muestras de granos enteros de arroz sin manufacturar y arroz brillante, observaron mayores niveles de metales esenciales en los primeros. Asimismo, comparando el arroz tratado con la harina de trigo se observó que la concentración de potasio y cobre era más alta en la harina que en el primer alimento señalado, ocurriendo lo inverso para los niveles de calcio y hierro.

Existen estudios, que respecto al arroz, incluso han llegado a demostrar la variación en los niveles de elementos metálicos como el cobre, el cadmio o el plomo en función del tamaño del grano de cereal, siendo correlativa la relación de la concentración y el tamaño y el peso (Pip, 1993). Otro aspecto que puede influir en la concentración metálica de los cereales es el momento en que se procede al cosechado, ya que se ha visto que las concentraciones de hierro y cobre pueden variar en función de la maduración del grano de cereal en el momento en el cual son cosechados (Garnett y Graham, 2005).

3.7.1.1 Macroelementos: sodio, potasio, calcio y magnesio

Los cuatro minerales de este apartado poseen un papel importante en el funcionamiento normal del cuerpo humano. Los niveles de potasio, calcio y magnesio presentes en el gofio se deben exclusivamente a los contenidos de éstos en los cereales de partida. Sin embargo, no sucede lo mismo para el sodio, pues su contenido, no solamente atiende a las cantidades presentes en el cereal utilizado como materia prima, sino que fundamentalmente depende de la adición o no, de sal marina que añade el maestro molinero durante la fabricación. Dependiendo de la zona del archipiélago donde se fabrique el gofio, existirá la tradición de añadirle o no sal marina, y en ocasiones estas cantidades no son nada despreciables. Por este motivo el Consejo Regulador del Gofio Canario tiene intención de limitar la adición de sal en determinadas zonas con el fin de mejorar las características nutricionales del producto final.

El sodio al igual que el potasio, juega un papel fundamental en el mantenimiento de, al menos cuatro importantes funciones del organismo: equilibrio y distribución del agua corporal, equilibrio osmótico, equilibrio ácido-base y en la actividad muscular. Además, el sodio forma parte del sistema “bomba” de Na/K/Ca/ATPasa implicado en el transporte de glucosa, aminoácidos, etc., por lo que es de gran importancia mantener una relación sodio/potasio adecuada, ya que cada vez son más los estudios que relacionan niveles altos de sodio, y la consiguiente desregulación de la tensión arterial, con ciertas enfermedades cerebro vasculares y cardiovasculares.

Los requerimientos medios de sodio se han establecido en unos 500 mg/día, situándose la ingesta normal de sodio entre 2 a 14 g/día, debido a que existe una amplia variedad de sales de sodio que se usan como aditivos en la transformación

de los alimentos. Los alimentos procesados poseen mayor cantidad de sal, estimándose la ingesta de sal adicionada entre un 10% a un 30% de la ingesta total de sal ingerida pues varía enormemente entre individuos de distintos países (Strain y Cashman, 2002).

Los cereales son uno de los grupos de alimentos que más contribuyen a la ingesta total de algunos de estos minerales; según la Encuesta Nutricional de Canarias (2000) el mayor porcentaje de contribución al total de la ingesta de sodio lo constituyen los cereales aportando un 27,45% del total; para el potasio se sitúa en el puesto quinto del grupo de alimentos que más contribuye, aportando un 5,74%, en cuanto a los minerales calcio y de hierro su contribución está en segundo lugar, por debajo de la que se indica para los lácteos, encontrándose su contribución en un 6,57 % y en un 16,79%, respectivamente.

Para el magnesio, las cantidades diarias recomendadas varían dependiendo del grupo de población, las mujeres en embarazadas con edades comprendidas entre 14 y 18 años requieren 400 mg/día y los niños de entre 1 y 3 años, 80 mg/día (Academy of Sciences, 1997). Para Strain y Kevin (2002), el requerimiento medio estimado, o cantidad de nutriente ingerido estimado para alcanzar los requerimientos del 50% de los individuos con un mismo estilo de vida y sexo, es para el magnesio de 265 y 350 mg/día para las mujeres y hombres adultos respectivamente, por lo que estos datos sugieren que los americanos y varios países europeos no consumen suficiente magnesio en la dieta. La Encuesta Nutricional de Canarias ha demostrado que la ingesta de Mg por parte de la población canaria es inferior a la ingesta diaria recomendada (ENCA, 2000), lo cual resalta aún más la importancia del consumo de productos ricos en esos minerales como podría ser el gofio.

El magnesio tiene gran importancia en el funcionamiento del metabolismo humano pues estabiliza la estructura del ATP en las reacciones enzimáticas dependientes de ATP y es cofactor para cerca de 300 enzimas que participan en el metabolismo y síntesis de distintos componentes como por ejemplo: la síntesis de ácidos grasos y de proteínas, la fosforilación de la glucosa, las reacciones transcetolasas, etc.

El calcio se encuentra en un 99% en los tejidos mineralizados como huesos y dientes en forma de fosfato de calcio y una pequeña cantidad de carbonato cálcico, además interviene en multitud de funciones del organismo: excitabilidad muscular, transmisión de impulsos nerviosos, mantenimiento y función de las membranas celulares, coagulación de la sangre y reacciones enzimáticas de la secreción hormonal. Existe un gran desacuerdo acerca de los requerimientos humanos de calcio y se han establecido valores muy diferentes por los comités de expertos de la UE y de USA, por ejemplo para el grupo de edad comprendido entre 7-10 años se estiman unos requerimientos de calcio de 550 mg/día en el Reino Unido; y de 800 y 1300 mg/día para niños de 4 a 8 años y de 9 a 13 años, respectivamente. El calcio de los alimentos se encuentra asociado a otros constituyentes dietéticos o bien en forma de sales, por lo que deberá ser liberado de estos compuestos antes de ser absorbido. La absorción se lleva a cabo en el intestino de forma transcelular, mediante transporte activo o bien vía paracelular lo que implica el transporte pasivo entre las células de las mucosas (Strain y Kevin, 2002). Aproximadamente un 30-40% del calcio de la dieta es absorbido, dependiendo su absorción de distintos factores como puede ser la composición de la dieta, la cantidad de vitamina D activa, así como de ciertas hormonas, etc. (Rubio y col, 2004c). La excreción del calcio se lleva a cabo por la vía renal y el tracto gastrointestinal (Pérez-Llamas y col, 2005)

Con el fin de tener una estimación de los esperados para el gofio, en las tablas XII, XIII y XIV se pueden observar los niveles de sodio, potasio, calcio y magnesio presentes en 100 g de trigo, millo u otros cereales, así como en derivados de los mismos, según distintos autores.

TABLA XII

Niveles de Na, K, Ca y Mg en 100g de millo o sus derivados, según varios autores.

Autor	Alimento	Na (mg)	K (mg)	Ca (mg)	Mg (mg)
Senser F y Scherz H, (1998)	Grano entero	6	330	15	120
	Copos	9,10	140	13	14
	Harina	0,7	120	18	48
Elmadfa, (2001)	Grano	6	330	15	120
	Harina integral	1	280	19	100
	Sémola	1	80	4	20
Moreiras y col, (2004)	Harina	52	61	12	60
Mataix y col, (2003)	Harina	0,7	120	18	47
	Millo	6	330	15	120
Ortega y col, (2004)	Grano de millo	6	330	7	93
	Harina	0,7	120	18	47
	Fécula	3	7	1	2
Farran y col, (2003)	Fécula	6	5	1	2
Alter, (1988-89)	Harina	4,5	128	15,3	61
Kent, (1987)	Millo (grano)	40	342	20	143
Hoseney, (1991)	Millo (grano)	-	330	30	140

En la tabla XIII cabe destacar la riqueza del trigo y de algunos de sus derivados en potasio y magnesio. Estos niveles son superiores a las concentraciones en otros cereales tal y como se refiere en la tabla XIV.

TABLA XIII

Niveles de Na, K, Ca y Mg en 100g de trigo o sus derivados, según diversos autores.

Autor	Alimento	Na (mg)	K (mg)	Ca (mg)	Mg (mg)
Senser F y Scherz H, (1998)	Grano entero	8	500	45	145
	Germen	5	835	70	250
	Salvado	2	1390	45	590
	Sémola	1	110	17	-
Elmadfa, (2001)	Trigo en grano	8	502	44	170
	Germen de trigo	20	1065	53	325
	Salvado	2	1,4	43	590
	Sémola	1	112	17	30
Mataix y col, (2003)	Grano entero	7,8	421	43,7	147
	Sémola	12	170	18	32
	Germen	5	893,5	62,5	260
Ortega y col, (2004)	Germen	5	993	49	285
	Salvado	2	1182	73	611
	Sémola	1	1,86	17	47

Farran y col, (2003)	Germen	9	871	55	250
	Sémola	3	193	40	40
Kent, (1987)	Trigo (grano)	4	441	48	152
Hoseney, (1991)	Trigo (grano)	-	580	60	180

TABLA XIV

Niveles de Na, K, Ca y Mg en 100g de otros cereales utilizados en la elaboración de gofio así como en derivados de los mismos, según distintos autores.

Autor	Alimento	Na (mg)	K (mg)	Ca (mg)	Mg (mg)
Senser F y Scherz H, (1998)	Cebada perlada Grano entero	18	445	40	115
	Sorgo	-	-	25	-
	Harina de avena	6	270	55	130
	Centeno entero	40	510	65	120
	Harina de centeno tipo 1800	2	440	25	85
	Avena perlada grano entero	8	355	80	130
Elmadfa, (2001)	Avena en grano descascarillado	8	355	79	129
	Sémola de avena	6	300	67	71
	Cebada grano descascarillado	18	444	38	114
	Cebada harina integral	5	458	39	155
	Sémola de cebada	3	160	16	20
	Centeno en grano	40	510	64	120
	Centeno germen	10	400	40	110
	Centeno harina	1	170	22	26
	Centeno harina tipo 1800	2	439	23	83
Mijo en grano descascarillado	3	430	20	170	
Mataix y col, (2003)	Avena	2	429	54	177
	Cebada	4	560	50	91
	Centeno	6	264	33	121
Ortega y col, (2004)	Avena	8,4	355	80	129
	Mijo	5	195	8	114
Kent, (1987)	Sorgo	11	277	30	148
	Cebada	49	534	52	145
	Avena	28	450	94	138
	Centeno	10	524	49	138
Hoseney, (1991)	Centeno	-	520	70	130
	Cebada	-	630	90	140
	Avena	-	460	95	140
	Sorgo	-	400	20	150

En la tabla XV se observa cómo los niveles de sodio encontrados en harinas, son más bajos que los referidos para los cereales enteros. Esta diferencia puede ser debida a que las harinas analizadas probablemente se han obtenido de materias primas no integrales o bien de mezclas, por lo que los contenidos de sodio, en particular, así como de otros minerales van a ser más bajos. Por otro lado, en la tabla XVI se exponen las concentraciones de sodio, potasio, calcio, magnesio y fósforo obtenidos de datos cortesía de la APGC y también se pueden observar las IDR para hombres y mujeres según Entrala y Gil (2000).

TABLA XV

Niveles de Na, K, Ca y Mg en 100g de harinas de distintos cereales, según distintos autores.

Autor	Alimento	Na (mg)	K (mg)	Ca (mg)	Mg (mg)
Senser F y Scherz H, (1998)	Harina de trigo tipo 1700	2	290	40	-
Elmadfa, (2001)	Harina de centeno tipo 1800	2	493	23	83
	Harina de trigo tipo 1700	2	290	40	140
Mataix y col, (2003)	Harina de trigo integral	4	350	37	120
	Harina de Soja	9	1660	210	240
	Harina de avena	9	350	52	110
	Harina de cebada	4	309	32	96
	Harina de centeno	1	410	32	92
Ortega y col, (2004)	Harina de trigo integral	3	340	38	120
Farran y col, (2003)	Harina de trigo integral	4	350	37	120
	Harina de centeno	2	390	27	82
Alter, (1988-89)	Harina de avena	4,2	385	57	133
	Harina de cebada	2,3	130	9	18,5
	Harina de centeno	3,5	183	26	97
	Harina de trigo integral	13,4	282	25,5	109

TABLA XVI

Contenidos de sodio, potasio, calcio, magnesio y fósforo en los gofios de trigo, millo y mezcla de ambos; así como sus Ingestas Dietéticas Recomendadas. (datos cortesía de la APGC).

	Gofio de trigo	Gofio de millo	Mezcla	IDR hombres	IDR mujeres
Sodio (mg/100g)	150 – 750	150 – 400	150 – 400	500 mg	500 mg
Potasio (mg/100g)	300-500	250-450	300-450	2000 mg	2000 mg
Calcio (mg/100g)	30,6 – 74	5,5 – 21,9	20 – 29,7	800 mg	800 mg
Magnesio (mg/100g)	77,5 – 118,5	92 – 133,2	92,2 – 133	340 mg	340 mg
Fósforo (mg/100g)	14-37	12-29	15-25	800 mg	800 mg

3.7.1.2 Microelementos: cobre, hierro, zinc y manganeso.

Los microelementos señalados en este apartado provienen fundamentalmente de las cantidades presentes en los cereales de partida, si bien los contenidos pudieran ser mayores cuando se utiliza maquinaria metálica susceptible de ceder metales desde su estructura al alimento.

En función de la zona de producción y, por tanto, de la tierra existente como sustrato para los vegetales, el contenido de minerales en los cereales sufrirá variaciones (Herawati y col, 1998). Se han observado diferencias de los niveles de zinc, cobre y magnesio al comparar cereales producidos en zonas rurales, urbanas masificadas y regiones sin industrias, observándose que las concentraciones de zinc se incrementaban hasta 2 veces en aquellos cereales provenientes de las áreas contaminadas (Auermann y col, 1980).

En el caso del arroz, Suzuki y col, (1980) observó variaciones en los niveles de cobre y zinc en función de si el arroz se producía al este o al oeste de la isla de Java.

En las tablas XVII, XVIII, XIX y XX se pueden observar los niveles de los microelementos en cereales y derivados según distintos autores.

TABLA XVII

Niveles de Cu, Fe, Zn y Mn en 100g de millo o sus derivados, según diversos autores.

Autor	Alimento	Cu (mg)	Fe (mg)	Zn (mg)	Mn (mg)
Senser F y Scherz H, (1998)	Grano entero	0,07-0,25	0,5-2,4	2,5	0,48
	Harina	-	2,4	-	-
Elmadfa, (2001)	Grano	-	1,5	-	-
	Harina integral	-	2,3	-	-
	Sémola	-	1,0	-	-
Moreiras y col, (2004)	Harina	-	1,1	0,8	-

Mataix y col, (2003)	Harina	0,13	2,4	0,3	0,49
	Millo	0,25	4,3	2,5	0,14
Ortega y col, (2004)	Grano de millo	0,23	2,4	1,7	0,46
	Harina	0,13	2,4	1,6	0,46
	Fécula	0,05	0,5	0,3	1
Farran y col, (2003)	Fécula	-	0,5	0,3	-
Alter, (1988-89)	Harina	0,13	1,8	-	-
Kent, (1987)	Millo (grano)	0,4	3,1	2	0,6
Hoseney, (1991)	Millo (grano)	0,2	2	-	0,6

TABLA XVIII

Niveles de Cu, Fe, Zn y Mn en 100g de trigo o sus derivados, según diversos autores.

Autor	Alimento	Cu (mg)	Fe (mg)	Zn (mg)	Mn (mg)
Senser F y Scherz H, (1998)	Grano entero	0,63	3	4	3
	Germen	0,95	8	12	9
	Salvado	1,55	3,58	13	3,7
	Sémola	-	1	-	-
Elmadfa, (2001)	Trigo en grano	-	3,3	-	-
	Germen de trigo	-	7,5	-	-
	Salvado	-	3,6	-	-
	Sémola	-	1,0	-	-
Mataix y col, (2003)	Grano entero	-	3,3	4,1	-
	Sémola	0,15	1	0,6	0,62
	Germen	0,9	8,5	14,5	12,3
Ortega Anta y col, (2004)	Germen	1,1	8,5	17	16,3
	Salvado	1	10,6	7,3	11,5
	Sémola	0,19	1,2	1,1	0,62
Farran y col, (2003)	Germen	-	7,6	17	-
	Sémola	-	1,1	3,4	-
Kent, (1987)	Trigo (grano)	0,6	4,6	3,3	4,0
Hoseney, (1991)	Trigo (grano)	0,8	6	-	5,5

TABLA XIX

Niveles de Cu, Fe, Zn y Mn en 100g de otros cereales utilizados en la elaboración de gofio así como en derivados de los mismos, según distintos autores.

Autor	Alimento	Cu (mg)	Fe (mg)	Zn (mg)	Mn (mg)
Senser F y Scherz H, (1998)	Cebada perlada	0,3	2,8	3,1	1,65
	Grano entero				
	Sorgo	0,37	2,7	2	-
	Harina de avena	-	4,2	-	-
	Centeno entero	0,5	4,6	1,3	2,4
	Avena perlada grano entero	0,47	5,8	4,5	4

Elmadfa, (2001)	Avena en grano descascarillado	-	5,8	-	-
	Sémola de avena	-	3,9	-	-
	Cebada grano descascarillado	-	2,8	-	-
	Cebada harina integral	-	3,0	-	-
	Sémola de cebada	-	2,0	-	-
	Centeno en grano	-	4,6	-	-
	Centeno germen	-	9,0	-	-
	Centeno harina	-	2,1	-	-
	Centeno harina tipo 1800	-	3,0	-	-
	Mijo en grano descascarillado	-	9,0	-	-
Mataix y col, (2003)	Avena	0,63	4,72	3,97	4,92
	Cebada	0,3	6	3,3	1,7
	Centeno	0,45	2,67	3,73	2,68
Ortega y col, (2004)	Avena	0,42	5,8	3,2	3,1
	Mijo	0,75	3	1,7	1,6
Kent, (1987)	Sorgo	1	7,0	3,0	2,6
	Cebada	0,7	4,6	3,1	2,0
	Avena	0,5	6,2	3,0	4,9
	Centeno	0,7	4,4	2,0	2,5
Hoseney, (1991)	Centeno	0,9	9	-	7,5
	Cebada	0,9	6	-	1,8
	Avena	4	7	-	5
	Sorgo	0,5	6	-	1,5

TABLA XX

Niveles de Cu, Fe, Zn y Mn en 100g de harinas de distintos cereales, según distintos autores.

Autor	Alimento	Cu (mg)	Fe (mg)	Zn (mg)	Mn (mg)
Senser F y Scherz H, (1998)	Harina de trigo tipo 1700	0,4	3,3	1,3	-
Elmadfa, (2001)	Harina de centeno tipo 1800	-	3	-	-
	Harina de trigo tipo 1700	-	3	-	-
Mataix y col, (2003)	Harina de trigo integral	0,45	3,5	1,9	3,1
	Harina de Soja	2,92	6,9	3,9	2,3
	Harina de avena	0,49	3,8	3,3	3,9
	Harina de cebada	0,34	2,68	2	1,03
	Harina de centeno	0,29	2,7	3	5,46
Ortega y col, (2004)	Harina de trigo integral	0,45	3,9	2,9	3,1

Farran y col, (2003)	Harina de trigo integral	-	3,5	2,9	-
	Harina de centeno	-	2,6	3	-
Alter, (1988-89)	Harina de avena	0,45	4,8	-	-
	Harina de cebada	0,9	0,59	-	-
	Harina de centeno	0,65	1,7	-	-
	Harina de trigo integral	0,46	3,1	-	-

En la tabla XXI se comparan los intervalos de concentración de cobre, hierro y zinc para distintos tipos de gofio, según datos facilitados por la APGC, con las ingestas recomendadas, según Entrala y Gil (2000).

TABLA XXI

Contenidos de cobre, hierro y zinc en gofios de trigo, millo y mezcla de ambos; así como sus Ingestas Dietéticas Recomendadas.
(datos cortesía de la APGC).

	Gofio de trigo	Gofio de millo	Mezcla	IDR hombres	IDR mujeres
Cobre (mg/100g)	< 0,2	< 0,2	< 0,2	1,5 – 3 mg	1,5 – 3 mg
Hierro (mg/100g)	2,3 – 4,7	1,5 – 3,9	1,5 – 3,9	11 mg	15 mg
Zinc (mg/100g)	2 – 3	1,3 – 2,8	1,4 – 2,7	15 mg	12 mg

- **Cobre.**

El cobre se encuentra bien distribuido en los alimentos, y generalmente se asocia a los procesos de producción y a los envases. Si bien, la utilización de útiles y maquinarias de cobre como conducciones, calderas etc, son cada vez menos utilizados, siguen existiendo normativas que regulan las concentraciones de este metal en numerosos alimentos. La presencia de cobre en los alimentos es generalmente indeseable no por su toxicidad, sino porque confiere al alimento inestabilidad y propiedades organolépticas desagradables.

El cobre se encuentra presente en todos los tejidos humanos, pero el hígado, el cerebro y el músculo son los órganos donde su concentración es más elevada, alcanzando aproximadamente niveles del 15, 10,5 y 38-40% respectivamente, del total presente en el organismo humano (O'Dell, 1981; Linder, 1988).

El cobre forma parte de distintas enzimas como la citocromoxidasa y la tirosinasa, las cuales se caracterizan por participar en reacciones en las que el oxígeno molecular o especies similares son consumidas, formándose normalmente agua o peróxido de hidrógeno como producto final. También guarda estrecha relación con otras proteínas como la ceruloplasmina, tirosidasa y las metaloproteínas, entre otras (Soria y col, 1995, Rubio y col, 2004d). También juega un papel fundamental en la síntesis de determinados tejidos conectivos como la elastina y el colágeno (O'Dell, 1981).

Vinculadas a la alteración en los balances de cobre, existen dos enfermedades genéticas; la enfermedad de Wilson que produce acumulación de cobre en determinados tejidos como el hígado, riñón o cerebro ; y la enfermedad de Menke en la que los niveles de este metal son bajos debido a una alteración de la metalotioneína.

El déficit de cobre es raro, no obstante esta carencia causa patologías relacionadas con las proteínas en las que interviene y donde su presencia es fundamental para el desarrollo correcto de sus funciones. En niños puede ocasionar despigmentación de la piel, lesiones cerebrales e hipotermia y en prematuros se observa palidez, lesiones epidérmicas, red venosa prominente, lesiones hepáticas y retraso en el crecimiento (Villa, 1999).

En cuanto a las intoxicaciones producidas por la ingesta excesiva de cobre, las agudas son raras, describiéndose algunos envenenamientos por ingestión de compuestos de cobre, como el sulfato de cobre, por inhalación de aerosoles que contienen partículas finas del metal o como consecuencia de individuos sometidos a diálisis. También se han descrito intoxicaciones crónicas por el consumo de aguas canalizadas a través de tuberías de cobre. Las intoxicaciones crónicas se producen sobre todo en el ámbito industrial pues las sales de cobre son ampliamente utilizadas en productos fitosanitarios, en la industria textil y como materia prima en la obtención de pigmentos. En agricultores expuestos se produce una patología similar a la silicosis, cuyos síntomas son malestar y pérdida de apetito y peso. También se ha relacionado un incremento en la incidencia de cáncer de pulmón (Conor, 1980; Beraud y Derache, 1990; Berman, 1991; Soria y col, 1995).

- Hierro.

El hierro forma parte de la hemoglobina, la mioglobina y diversas enzimas, participa en el transporte respiratorio del oxígeno y del dióxido de carbono y actúa como coenzima en la respiración celular. Al igual que el cobre, juega una función importante en la biosíntesis de compuestos como el colágeno y elastina (O'Dell, 1981).

La carencia de este metal en la dieta está ampliamente estudiada, pues es un problema de salud pública en países en vías de desarrollo porque el déficit de hierro produce anemias en aproximadamente 10-20% de las mujeres del primer mundo (Scrimshaw, 1991).

El déficit de hierro en la dieta produce distintos cambios metabólicos que derivan en una etapa llamada "anemia ferropénica" cuando los niveles de hemoglobina disminuyen significativamente. En los casos graves se observan concentraciones extremadamente bajas de hemoglobina y la aparición microcitos. Como consecuencia se produce una disminución del rendimiento físico y la capacidad de trabajo, alteraciones en la conducta y actividad intelectual, apatía, etc; síntomas que junto a la irritabilidad, la falta de atención y la tendencia a la fatiga se observan en los niños (Dallman, 1991; Scrimshaw, 1991; Rubio 2004c).

Cuando este metal se ingiere en exceso produce intoxicaciones, los casos de intoxicaciones agudas son pocos frecuentes y sobre todo se dan en población infantil como consecuencia de la ingestión de suplementos de hierro. Las intoxicaciones crónicas producen "hemocromatosis" que puede ser genética o idiopática, debida a una anormal actividad en la absorción intestinal, o bien adquirida, como consecuencia del padecimiento de enfermedades que para su

tratamiento requieren de frecuentes transfusiones o elevados aportes de hierro (Linder 1988; National Research Council, 1991).

Una Ingesta Diaria Recomendada de 15 mg/día cubre las necesidades de hierro de mujeres adultas y adolescentes sanos, para mujeres postmenopáusicas y varones adultos la recomendación es inferior, situándose en 10 mg/día debido a que esta población no está sujeta a las pérdidas como consecuencia de la menstruación. Las Recomendaciones de hierro son adecuadas para prácticamente todas las personas sanas que consumen dietas de 30 a 90 gramos de carne de pollo o pescado/día puesto que estos alimentos poseen hierro en forma hemo con más facilidad de absorción o bien, para aquellas que consumen con otros alimentos ricos en hierro y 25 a 75 mg de ascorbato, por lo que se mejora la absorción de hierro no hemo. También existe variación entre las IDR entre los distintos países, por ejemplo la IDR de hierro para mujeres adultas, en periodo de lactancia y adolescentes es aproximadamente 2 mg/día más en Italia que las recomendadas para el mismo grupo de población en España (SINU, 1996).

El hierro es un mineral susceptible de presentar problemas de ingestas inadecuadas y los cereales representan el grupo de alimentos que mayor porcentaje de contribución total en la ingesta de hierro representan, en un 22,71% (ENCA, 2000). Es por ello que el consumo de gofio podría contribuir de forma significativa en evitar la insuficiente ingesta de este metal. Rubio (2002) señala que los cereales junto con las legumbres y la carne son los grupos de alimentos que más hierro y zinc aportan a la dieta de los canarios.

En cereales como el arroz se ha observado como la concentración presente en el mismo varía en función del tipo de arroz estudiado, los resultados obtenidos concluyen que el arroz negro posee una mayor concentración de hierro que otros tipos de arroz (Meng y col, 2005).

- **Zinc.**

El Zinc es un mineral que está presente en relativamente pocas fuentes alimenticias, y dentro de ellas se encuentran los cereales integrales, aunque en los productos de origen marino, es donde mayor cantidad de este metal se puede encontrar. No obstante, la mayor fuente dietética de zinc la constituyen los alimentos de origen animal, pues son los cárnicos y los lácteos los más consumidos por la población.

Los procesos de producción de alimentos generan variaciones en la concentración inicial de zinc que se encontraba en el alimento natural, en el caso de los cereales se producen pérdidas cuantificadas entre un 20 y 60% cuando se someten al refinado (Conor, 1980; Linder, 1988). Asimismo, al igual que ocurre con otros metales, el envasado y/o la utilización de recipientes o útiles metálicos puede dar lugar a incrementos de los niveles que en ocasiones son bastante significativos, a este respecto cabría destacar los que se producen en los líquidos de cobertura de los alimentos enlatados al producirse migraciones desde las soldaduras (Castells, 1995).

En cereales, debido a la combinación con el ácido fítico, solamente el 38-65% del zinc presente es absorbido, frente al 79-95% del contenido en productos animales (Mataix y Mariné, 2002).

El zinc forma parte de numerosas enzimas implicadas en el metabolismo de los hidratos de carbono, lípidos y proteínas, interviene en los procesos de degradación y en la síntesis de ácidos nucleicos, etc. También el zinc posee

funciones biológicas de gran importancia como pueden ser el crecimiento celular, la maduración sexual, la fertilidad, la visión nocturna, la inmunidad y está implicado en el sentido del gusto y el apetito (Rubio y *col*, 2004d).

Las IDR de zinc para personas adultas son de 11 mg/día para varones y de 8 mg/día en mujeres, si bien en mujeres gestantes y en periodo de lactancia las necesidades aumentan estableciéndose hasta 13 mg/día en mujeres de 14 a 18 años en periodo de lactación (Academy of Sciences, 2001, Rubio y *col*, 2007a).

La deficiencia de zinc produce retraso en el crecimiento, alteraciones en la madurez sexual y en la reproducción, depresión de la función inmune, retraso en la cicatrización de heridas, anorexia, alteraciones cutáneas y esqueléticas, alopecia, diarrea y ceguera nocturna (Rubio y *col*, 2007a). En adultos, estos síntomas se han descrito para pacientes con inadecuada nutrición parenteral, con pérdidas de líquidos gastrointestinales o sometidos a diálisis. También en aquellos pacientes quemados o con disfunciones renales (Rubio, 2002).

Al igual que como sucede con el cobre, las intoxicaciones se producen mayoritariamente en el ámbito laboral y los síntomas más frecuentes son fiebre, debilidad, depresión vómitos, salivación, dolores de cabeza en el pecho y en las piernas, así como sudoración. El zinc posee baja toxicidad si lo comparamos con otros oligoelementos por lo que los casos de intoxicación aguda son escasos debido a la necesidad de dosis relativamente altas, además el zinc no se acumula en el organismo, puesto que es excretado con facilidad.

La cantidad para causar efectos tóxicos agudos en el hombre varía de 0,5 a 10 g para las distintas sales, siendo de 2 g para el caso del sulfato, que manifiesta sus síntomas transcurridas entre 4 a 24 horas desde su ingestión (Barceló y *col*, 1990; National Research Council, 1991).

Según diversos autores, los efectos de ingestas prolongadas y excesivas de zinc producen alteraciones en el metabolismo del cobre, describiéndose los mismos trastornos que para el zinc (Rubio, 2002). Además, según Sandstead (1995), un exceso de zinc en el organismo provoca una elevación de los niveles de colesterol LDL y una disminución en los niveles de colesterol HDL, produciendo una desfavorable relación entre ambos.

Se han descrito intoxicaciones agudas por el consumo de alimentos envasados con materiales galvanizados y se ha encontrado niveles de zinc superiores a 100 mg/L en cervezas pero su consumo no ha dado lugar a ninguna manifestación de toxicidad (Conor, 1980; Berman, 1980).

Por último, convendría señalar que para los metales hierro, cobre y zinc, la vida media en todo el cuerpo es de 800, 80 y 933 días, respectivamente (Stocker y Seager, 1981).

- **Manganeso.**

Los cereales integrales, legumbres secas, las nueces y el té son los que presentan mayores niveles de manganeso, siendo para los canarios, los alimentos de origen vegetal los que más manganeso aportan a la dieta (Rubio, 2002; Rubio y *col*, 2008). El té seco contiene entre 35 y 90 mg/100g de manganeso (Elmadfa, 2001).

La ingestión es la vía de exposición principal absorbiéndose el 3% del manganeso ingerido. La eliminación es lenta y se prolonga durante años, estando el 25 % del contenido corporal formando parte del hueso, también se encuentra en

mayor concentración en la hipófisis, hígado, riñón, retina, en la piel oscura y en los gránulos de melanina (Conor, 1980; Linder, 1988; Keen y Zidenberg-Cherr, 1991).

El manganeso es constituyente de distintas metaloenzimas como la superóxido dismutasa y posee una importante actividad en el metabolismo de glúcidos y lípidos (Rubio y col, 2004d).

Los estados carenciales de manganeso en el hombre, son extremadamente escasos, por lo que parece que las dietas habituales aportan las cantidades requeridas para un buen estado de salud, por lo que los efectos de su carencia en el hombre no han sido debidamente descritos. En animales, se ha observado que la deficiencia provoca alteración en el desarrollo fetal, en el desarrollo sexual y en el metabolismo de lípidos y carbohidratos (Forbes y Jawhari, 1996; Treble y Thompson, 1998).

Los efectos tóxicos suelen aparecer con carácter crónico al cabo de varios años de exposición y en el ámbito laboral, siendo el óxido de manganeso el compuesto que presenta mayor toxicidad cuando es inhalado. Produce lesiones degenerativas en la corteza cerebral y núcleos grises subcorticales así como en el epitelio pulmonar. Produce lesiones neurológicas en los ganglios basales del encéfalo que afecta al sistema nervioso central, dando lugar a la aparición de síntomas psiquiátricos, hiperirritabilidad, comportamientos violentos y alucinaciones. Si bien los mecanismos de dicha neurotoxicidad todavía no son bien conocidos, se relacionan con estados de oxidación altos y la peroxidación de lípidos tisulares. También parece demostrarse que en obreros afectados, con cuadros de neumonías y bronquitis, aumenta la morbilidad respiratoria cuando existe acumulación de manganeso en los pulmones (Rubio, 2002).

Las únicas intoxicaciones agudas que se han descrito han sido consecuencia de la ingestión suicida o accidental de permanganato potásico, situándose la dosis letal entre 5 y 8 gramos, sus efectos son gastroenteritis aguda y quemaduras del tracto gastrointestinal. Se ha establecido una concentración máxima permisible de 5 mg/m³ para exposición industrial (Conor, 1980; Ribas, 1989)

3.7.2 Metales tóxicos.

- Plomo.

El plomo se encuentra en todas partes del medio ambiente si bien la polución ambiental debida a las fuentes industriales ha hecho que sus niveles hayan aumentado en estos últimos años. Se encuentra de forma natural en el suelo, estando en pequeñas concentraciones en aquellos no cultivados. En terrenos cultivados las concentraciones son mayores debido a que en muchas ocasiones están cerca de fuentes de contaminación de origen antropogénico. Distintos plaguicidas utilizados de forma masiva, hace ya algunos años, tenían arseniato de plomo lo que dio lugar a incrementos de estos metales en el suelo.

En las aguas marinas los niveles existentes se encuentran entre 0,003 y 0,2 mg/L y éstos contribuyen a la contaminación de los peces que habitan en ellas, las concentraciones de las aguas cercanas a industrias contaminantes pueden poseer cantidades mayores. Uno de los aspectos toxicológicos más importantes de este metal es su poder de bioacumulación, ya que los niveles van aumentando a medida que se asciende en la cadena alimentaria.

También se utiliza el plomo en la gasolina, lo que ha conseguido un aumento significativo de este metal como parte de la contaminación atmosférica, llegando a

concentraciones extremas en algunas zonas urbanas. Hoy en día, la reducción en el uso de gasolina con plomo ha disminuido las cantidades de este metal en el ambiente y, obviamente, el plomo presente en los alimentos, sobre todo en aquellos que se originaban próximos a las carreteras. En España es el Real Decreto 403/2000, de 24 de marzo, el que establece lo relativo a la limitación del uso de gasolina con plomo y el Real Decreto 1073/2002, de 18 de octubre, el que regula los aspectos relativos a la evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el plomo, estableciendo los valores límite para la protección de la salud humana.

Los alimentos por tanto, pueden ser un vehículo de plomo bien por la contaminación propia del alimento, debido al medio ambiente en el lugar de producción, o bien debido a las manipulaciones posteriores y la consecuente contaminación (Rubio y col, 2004b). Un ejemplo de lo expuesto lo encontramos en estudios realizados sobre ciertos vinos, encontrándose mayores niveles de plomo en aquellos procedentes de zonas cercanas a las autopistas que los vinos elaborados a partir de uvas de zonas más alejadas.

El agua proveniente del abastecimiento público ha sido en ocasiones una fuente de ingesta de plomo importante, debido a la utilización de tuberías de este material, hoy en día este material está siendo sustituido por hierro galvanizado y por distintos tipos de plásticos.

Existen otros usos del plomo que son potencialmente susceptibles de generar contaminación como son la utilización de serpentines de plomo para la obtención de bebidas destiladas, la utilización de cápsulas para los corchos de las botellas de vino (Pedersen y col, 1994) o la utilización de plomo en juntas, contrapesos, u otros útiles fabricados con este metal y que se utilicen en la industria alimentaria, si bien es cada vez menos utilizado este metal.

Desde el punto de vista toxicológico debemos tener en cuenta que el plomo se absorbe por vía respiratoria aproximadamente en un 40%, por vía digestiva aproximadamente un 10% del ingerido y por vía cutánea, aunque esta última de una forma casi despreciable frente a las dos primeras. En la población infantil se aumenta su toxicidad, ya que se absorbe hasta un 50% del plomo ingerido y tienden a retener mayor concentración (Wittmers y Aufderheide, 1988; Gehardsson y col, 1995; Trebel y Thompson, 1997).

La vida media en todo el cuerpo para el plomo es de 1460 días (Stocker y Seager, 1981). El plomo en el interior del organismo se distribuye siendo transportado por los hematíes, unidos a la hemoglobina, y se almacena en un 90% en los huesos, incorporándose a la hidroxapatita mediante un metabolismo parecido al del calcio.

El plomo ingerido se metaboliza en el hígado y la eliminación se realiza fundamentalmente por la orina, también por las heces, saliva y faneras. El grado de exposición dependerá no solamente de la cantidad ingerida sino también de la edad y del funcionamiento del riñón y del hígado (Liou y col, 1996; González y col, 1997; Rubio y col, 1999)

Los principales efectos tóxicos dan lugar al “saturnismo” que se manifiesta produciendo alteraciones a nivel del sistema nervioso, tanto central como periférico, nefropatías y daños gastrointestinales. En casos crónicos de esta enfermedad se puede observar mediante radiografías que las metafisis de huesos largos aumentan de densidad y espesor, mostrándose en aquellos pacientes que no han finalizado su crecimiento unas bandas opacas en los huesos de antebrazos de las piernas y en el borde del omoplato.

El plomo orgánico en forma de plomo tetraetilo y tetrametilo se absorbe con mayor facilidad por la piel y por el tracto gastrointestinal, pues son compuestos liposolubles y los efectos tóxicos de ellos se producen a nivel del Sistema nervioso central (Alday y col, 1988)

También, al igual que otros metales pesados, el plomo, afecta a todas aquellas enzimas que tienen grupos tiólicos libres. Inhibe la ALA-sintetasa y la ALA-deshidrasa que sintetizan el ácido δ -aminolevulínico y la síntesis del grupo heme respectivamente.

También interviene en el paso de la coproporfirina III a protoporfirina III. Uno de las manifestaciones más características de la presencia de plomo es el llamado "ribete de Burton" que se presenta como unas manchas grises en el epitelio de la mucosa gingival y yugal debido a la combinación de los sulfuros de plomo que se producen al reaccionar este metal con los sulfuros producidos en la degradación de alimentos (Sierra y Hardisson, 1991).

El Comité Mixto FAO/OMS ha establecido de manera provisional para el plomo, una ingesta tolerable de 25 $\mu\text{g}/\text{Kg}$ peso corporal/semana (WHO, 1993).

- Cadmio.

Este metal se encuentra de forma natural en los suelos, formando parte de las rocas, en forma de sulfuro de cadmio, que además coincide con aquellas rocas que contienen grandes cantidades de zinc. Debido a que el cadmio está íntimamente relacionado con el zinc es por lo que ha existido una mayor relación con el medio ambiente y por tanto con los alimentos, ya que los materiales de cinc sirven de vehículo de este metal pesado.

La principal exposición de cadmio por el ser humano se debe fundamentalmente a las fuentes industriales sobre todo en las industrias de zinc, metalurgia, galvanoplástia, baterías etc. También su utilización como parte de las estructuras químicas de ciertos pesticidas, ahora prohibidos, fue la causa de incrementos de los niveles de este metal en los alimentos (Sierra y Hardisson, 1991).

Otras fuentes de exposición para el hombre, son la dieta, el agua de bebida y el hábito de fumar, llegando a ser, este último, más importante que el procedente de la dieta. (Gutenmann y col, 1982; Elinder y col, 1983; Scherer y Barkemeyer, 1983).

La disolución de cadmio en aguas marinas originada por la contaminación producida por la actividad humana, produce efectos sobre los seres vivos que viven en ellas. En ese sentido se ha visto que este metal afecta de manera significativa a la embriogénesis de mejillones alcanzándose valores de DL_{50} de $2,219 \pm 3,321 \mu\text{g}/\text{L}$ (Rubio y col, 2004a). Otros organismos tienen gran capacidad de acumulación como las algas marinas de las familias *Phaeophytas* y *Clorophytas* estudios de las mismas han obtenido resultados de hasta $3,99 \mu\text{g}/\text{g}$ para muestras de *Cystoceira compressa* cuyo origen son las costas de Tenerife (Lozano y col, 2003)

El envasado, al igual que lo que sucede para el plomo, puede dar lugar a contaminación de los alimentos con cadmio. La cerámica posee este metal y cuando el horneado de ella se realiza a temperaturas bajas es susceptible de ceder al alimento que alberga cantidades de cadmio significativas. Asimismo, ciertos esmaltes que la recubren también pueden ser ricos en cadmio y mediante reacciones ácidas con el alimento puede liberarse el citado metal (González-Soto y col, 2000; Rodríguez-López y col, 2001).

El cadmio se absorbe por el intestino, aproximadamente 4-7% del ingerido a través de los alimentos, la absorción aumenta si la ingesta proteica, de calcio, zinc o hierro es baja, igualmente aumenta cuando existe un déficit de hierro, pudiendo llegar hasta el 15% del total ingerido (Manson y *col*, 1993; Soria y *col*, 1995). No obstante, la mayor parte no se absorbe y se elimina principalmente en heces.

Este metal se acumula en riñón e hígado con una larga vida media ya que se combina con la metalotioneína, lo que reduce significativamente su excreción y se aumenta su acumulación. Este último órgano llega a acumular hasta el 60% de la carga corporal (Rubio y *col*, 2004a).

Tiene una vida media biológica entre 10 y 40 años en el cuerpo humano (Vahter y *col*, 1996), si bien Stocker y Seager, (1981) establece la vida media en todo el cuerpo en 200 días.

La toxicidad del cadmio se manifiesta de forma diversa, y está influenciada por aquellos factores que modifican su metabolismo, su acción origina diversas patologías entre las que se incluyen disfunciones renales, hipertensión, arterioesclerosis, daños en el sistema nervioso central, desmineralización ósea y disfunciones en el crecimiento, actividad endocrina e incluso sobre la inmunidad (Montoro y *col*, 1989).

Las intoxicaciones crónicas producen lesiones óseas que producen dolores y malestar localizados fundamentalmente en la pelvis y extremidades inferiores. Del mismo modo, el cadmio de los dientes reacciona con los tiocianatos de la saliva formando en los dientes unas bandas amarillas características, debidas al sulfuro de cadmio originado.

El caso más importante y mejor descrito de intoxicación en masa debido a este metal pesado fue originado a la ingestión de arroz contaminado. Se produjo en Japón, concretamente en Toyama, donde la población padeció una enfermedad que se llamó "itai-itai", caracterizada por osteomalacia, proteinuria tubular y fuertes dolores en los huesos. El cadmio se acumuló en el arroz debido al incremento de este metal en las aguas como consecuencia de los vertidos de una mina. La enfermedad fue descrita en la población femenina con ingesta deficitaria en proteínas, hierro y vitamina D, así como con déficit de calcio debido a varios embarazos (Friberg y Piscator, 1974; Tsuchiya, 1978)

El Comité Mixto FAO-OMS sobre aditivos alimentarios, ha establecido unos límites de tolerancia al aporte diario, fijándolo en menos de 1µg/Kg de peso corporal con este límite se asegura que el nivel en la corteza renal se encuentra por debajo de 50 mg/Kg. La ingesta semanal tolerable para el cadmio está establecida en 7 µg/Kg/semana (WHO, 1993).

Fertilizantes, plaguicidas, utilización de aguas contaminadas o la propia contaminación atmosférica hacen que en los suelos agrícolas aumenten las concentraciones de cadmio, y como consecuencia que sea absorbido por los vegetales, para posteriormente pasar a los animales incluido el hombre al ser ingeridos. Pokorny y Ribaric-Lasnic, (2000) realizaron un estudio en suelos del norte de Eslovenia, sobre los 10-20 cm más superficiales llegando a encontrar hasta 37 µg/g de sustrato.

El contenido de cadmio en los cereales no cabe duda que está relacionado con el observado en el suelo de cultivo, este hecho se observo determinando la concentración de cadmio en granos de trigo producidos en campos experimentales (Chaudri y *col*, 2001). Asimismo, Auermann y *col* (1980), determinó que el contenido de cadmio en trigo, cebada y centeno cultivados en campos de zonas explotadas

como podrían ser industriales, urbanas etc., era de 2 a 6 veces superior que en otras zonas.

En un estudio finlandés, se observó que los niveles de cadmio se incrementaban en la avena obtenida en cultivos sometidos a fertilización nitrogenada (Eurola y col, 2003).

En Indonesia, concretamente en la Isla de Java, se estudió el arroz producido y se halló una concentración media de cadmio de $0,040 \pm 0,042$ mg/Kg. Teniendo en cuenta el alto consumo de este cereal por la población se observó que se excede del límite propuesto por la FAO/OMS, y el consumo habitual del mismo podría causar problemas crónicos renales (Suzuki y col, 1980).

En China, se observó que el 92% del arroz producido en una determinada región caracterizada por un tipo de sustrato "tierra negra pesada", poseía niveles de cadmio por encima de los límites establecidos por la OMS, pudiendo constituir un riesgo el consumo de arroz cultivado en esas zonas (Li y col, 2003).

En Japón, realizando un estudio sobre 832 hombres y 871 mujeres que llevaban consumiendo arroz producido en la misma zona que se encontraba contaminada por cadmio, se encontraron correlaciones significativas entre la concentración de cadmio en arroz y la prevalencia de distintos parámetros indicadores de fallos renales como la presencia en orina de beta-2-microglobulina, proteínas, glucosa o distintas sustancias nitrogenadas (Nakashima y col, 1997).

3.7.3 Regulación en los alimentos e importancia en los cereales.

La aparición de los metales pesados estudiados en los alimentos se debe, generalmente a contaminaciones ambientales naturales o antropogénicas, asociadas estas últimas a las actividades industriales. Se ha visto como en cereales los niveles de plomo y cadmio son mayores cuando los mismos se han producido en zonas expuestas a contaminación industrial (Szymczak y col, 1993).

No obstante es importante el origen de estos metales a causa de la utilización de materiales no aptos para el contacto con alimentos o bien a la utilización de materiales deteriorados. El Real Decreto 397/1990, de 16 de marzo, por el que se aprueban las condiciones generales de los materiales para uso alimentario, distintos de los poliméricos, en su artículo 2 especifica que todo aparato, utensilio, envoltorio o cualquier objeto, destinado a ser utilizado en contacto con los alimentos o productos alimentarios, deberá ser mantenido en las debidas condiciones de conservación, higiene y limpieza y en cualquier caso no ceder constituyentes en cantidades que supongan riesgo para la salud humana a los alimentos y productos alimentarios.

Una fuente de plomo y de cadmio en los alimentos es el uso de cerámicas que no cumplen con las especificaciones legales. El Real Decreto 891/2006, de 21 de julio, por el que se aprueban las normas técnico-sanitarias aplicables a los objetos de cerámica para uso alimentario establece los límites máximos en pruebas de cesión, (tabla XXII), así como los procedimientos y métodos de ensayo.

Desde la publicación de la Orden de 6 de abril de 1965, que prohíbe el empleo de la galena en el barnizado, vidriado y esmaltado de las vasijas de cerámicas utilizadas para la manipulación de productos alimenticios este material no puede ser utilizado para realizar estos revestimientos, si bien pudiera ser utilizado como componente minoritario siempre y cuando cumpla con lo dispuesto en el Real Decreto 891/2006, anteriormente comentado que regula límites en pruebas de cesión para tales elementos.

TABLA XXII
Límites máximos admisibles en pruebas de cesión.

Categoría	Plomo	Cadmio
1 ^a . Objetos no llenables y objetos llenables de profundidad ≤ 25 mm, siendo la profundidad interna la medida entre el punto más bajo de la superficie de uso y el plano horizontal que pasa por el borde superior.	0,8 mg/dm ²	0,07 mg/dm ²
2 ^a . Todos los demás objetos llenables.	4,0 mg/L	0,3 mg/L
3 ^a . Utensilios para cocción, envases y recipientes de almacenamiento que tengan una capacidad > 3 litros.	1,5 mg/L	0,1 mg/L

También las hojalatas y diversos materiales metálicos utilizados en la fabricación de conservas pueden dar lugar a contaminaciones, ya que el plomo se encuentra de forma abundante en las soldaduras y determinadas condiciones de los alimentos envasados, como la acidez, favorecen procesos de migraciones de este metal hacia el alimento.

En los envases de cristal empleados en alimentación no se puede exceder del 24% de óxido de plomo para evitar así cualquier tipo de intoxicación debido a la migración (Rodríguez López y *col*, 2001). Por tanto, a la hora de adquirir cualquier tipo de “boterío” es conveniente seguir las normas de etiquetado y de garantía especificadas en el Real Decreto 168/1988 de 26 de febrero, por el que se establecen determinadas condiciones técnicas del vidrio-cristal, ya que esta reglamentación clasifica al vidrio-cristal en 3 categorías; “cristal superior” con un porcentaje de óxido de plomo $\geq 30\%$, “cristal al plomo 24%” con un porcentaje mayor o igual al indicado y “vidrio sonoro superior” donde los porcentajes de ZnO, BaO, PbO y K₂O solos o conjuntamente serán $\geq 10\%$, siendo su marcado en las etiquetas un cuadrado color plata \geq de 1 cm.

Brito y *col* (1990), estudiaron los niveles de plomo en productos cárnicos y se observaron que aquellas muestras contenidas en envases metálicos presentaban concentraciones más altas que otras envasadas en plástico, vidrio o porcelana.

El Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen criterios sanitarios de calidad del agua de consumo humano establece plazos para la limitación de los niveles máximos permitidos en el plomo, hasta el 31 de diciembre de ese año la limitación se fijó en 50 $\mu\text{g/L}$, del 1 de enero de 2004 al 31 de diciembre de 2013 fija el límite en la mitad, 25 $\mu\text{g/L}$ y a partir del 1 de enero de 2014 no se pueden realizar abastecimientos de agua que superen los 10 $\mu\text{g/L}$.

Para otros alimentos las concentraciones también se encuentran limitadas, en la tabla XXIII se observan los niveles máximos permitidos, para algunos alimentos, según su legislación vertical de cada uno de ellos, si bien en la citada tabla no se señalan los límites que están establecidos para los alimentos de origen animal.

Tabla XXIII
Niveles máximos permitidos de Pb y Cd en distintos alimentos.

ALIMENTO		NIVELES Pb	NIVELES Cd	NORMATIVA REGULADORA
Azúcar	Fructosa	<0,5 mg/kg	-	R.D. 1261/87 de 11 de septiembre, por el que se aprueba la Reglamentación Técnica Sanitaria para la elaboración, almacenamiento, transporte y comercialización del azúcar destinado a consumo humano
	Maltosa	<1 mg/Kg		
	Demás	<2 mg/Kg		
Galletas		<1mg/Kg	-	R.D. 1124/82 de 30 de abril, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, fabricación, circulación y comercio de galletas
Aguas de bebida envasada	Aguas minerales naturales	<10 µg/L	<3 µg/L	R.D. 1074/02 de 18 de octubre por el que se regula el proceso de elaboración, circulación y comercio de las aguas de bebida envasadas
	Demás		< 5 µg/L	
Bebidas refrescantes		<0,5 mg/L	-	R.D. 15/92 de 17 de enero por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, circulación y venta de bebidas refrescantes
Caramelos, chicles, confites y golosinas		<0,2 mg/L	-	R.D. 1810/91 de 13 de diciembre, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de caramelos, chicles, confites y golosinas
Vinagres		<0,5 mg/L	-	R.D. 2070/93 de 26 de noviembre. por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración y comercialización del vinagre
Anís de Alicante		<10 mg/Kg	-	Orden 7 de junio de 1994 del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (BOE 146, 1994 de 20 de junio de 1994)

Zumos de uva	< 5 mg/Kg	-	R.D. 1044/87 de 31 de julio de 1987, por el que se regula la elaboración de los zumos de uva en armonización con la normativa comunitaria
Aceite vegetal	<0,1 mg/Kg	-	R.D. 308/83 de 25 de enero, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria de los aceites vegetales comestibles
Condimentos y Especies	<10 mg/Kg	-	R.D. 2242/84 de 26 de septiembre por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de condimentos y especias
Café	< 5 mg/Kg	-	R.D. 1231/88 de 14 de octubre, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, almacenamiento, transporte y comercialización de café
Achicoria y otros sucedáneos	< 5 mg/Kg ¹	-	R.D. 2323/85 de 4 de diciembre, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, almacenamiento, transporte y comercialización de la achicoria y otros sucedáneos del café
Sal y salmueras	≤ 2 mg/Kg	≤ 0,5 mg/Kg	R.D. 1424/83 de 27 de abril, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de la sal comestible y salmueras
Conservas vegetales	≤ 1 mg/Kg	-	Decreto 2420/78 de 2 de junio, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración y venta de las conservas vegetales

¹ Calculados sobre materia seca

El Reglamento (CE) N° 1881/2006 de la Comisión, de 19 de diciembre de 2006, fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios, fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios, en lo que atañe a los metales estudiados, esta normativa de obligado cumplimiento en todos los países de la Unión Europea, considera que los niveles máximos de cadmio y plomo a pesar de que se han realizado grandes esfuerzos en reducir su exposición, deben ser los más bajos posible y establece los límites que se exponen en la tabla XXIV para cereales y algunos de sus derivados.

La anterior normativa ahora derogada, el Reglamento N° 466/2001 de la Comisión, de 8 de marzo de 2001, modificada por el Reglamento 221/2002, de 6 de febrero, ya informaba que en los últimos diez años, los contenidos de plomo de los productos alimenticios se habían reducido por tres motivos; por que ha crecido la sensibilización ante este problema sanitario, por los esfuerzos realizados para reducir la emisión de plomo en su origen y por los progresos en la garantía de calidad de los análisis químicos.

TABLA XXIV.

Límites máximos permitidos en cereales según el Reglamento (CE) N° 1881/2006, de la comisión, de 19 de diciembre de 2006

Producto	Contenido máximo de cadmio (mg/Kg peso fresco)	Contenido máximo de plomo (mg/Kg)
Cereales, legumbres y legumbres secas.	-	0,2
Cereales, excluido el salvado, el germen, el trigo y el arroz.	0,1	-
Salvado, germen, trigo y arroz.	0,2	-

Si bien se tiende a realizar esfuerzos para disminuir los niveles de estos metales en los alimentos, en Alemania se determinaron los contenidos de cadmio en trigo, centeno y cebada en granos de distintas épocas, algunas de ellas del siglo pasado y, si bien en determinadas ocasiones no existieron los suficientes datos para obtener resultados válidos, en el trigo panificable, el contenido medio de cadmio no había sufrido incrementos desde el pasado (Lorenz y col, 1986).

En Suecia, se analizaron muestras de derivados de cereales durante 15 años y se observó que existía una correlación que mostraba diferencias significativas de los niveles de cadmio, con tendencia a incrementarse, en la primera mitad de los años en los que se estudió y a disminuir en la segunda mitad. Por otro lado se observó que no existía correlación en el tiempo de los niveles de cadmio del salvado de trigo, existiendo una media de 0,15 mg/Kg. Para el plomo ese mismo estudio señala que la concentración en el salvado de trigo tiene una tendencia a disminuir (Jorhem y col, 2001).

En un estudio desarrollado en Japón, en el que se estudiaron los niveles de cadmio en arroz en los últimos diez años no se observaron variaciones de concentración a lo largo de ese tiempo (Watanabe y col, 1996). Asimismo, en Italia

las concentraciones máximas de plomo, cadmio y cromo halladas en distintos productos derivados del trigo duro fueron más bajas que las obtenidas en estudios previos (Micco y col, 1987).

Otro aspecto a tener en cuenta a la hora de valorar metales pesados en los alimentos son los procesos a que se somete el alimento. En ese sentido, Watanabe y col, (1998) estudiaron las variaciones de concentración de plomo y cadmio en arroz cuando el grano del cereal se sometía a pulido (arroz brillante), y si bien no observaron efectos en los niveles de cadmio, para el plomo los datos obtenidos hicieron sugerir que el pulido hacía variar los niveles de plomo, no obstante en ese estudio no se obtuvieron resultados concluyentes, a ese respecto. En otros alimentos como la papa, se ha visto que el lavado reduce los niveles de cadmio en las mismas (Auermann y col, 1980).

Paradójicamente, Masironi y col, (1977) estudiando las variaciones de las concentraciones de zinc, cobre y cadmio en aquellos arroces sometidos a pulido con aquellos a los cuales no se les realizó el citado proceso, observó que mientras el pulido disminuía la concentración de los elementos zinc y cobre, los niveles de cadmio no sufrían cambios en su concentración.

Respecto a la toxicidad del consumo de alimentos contaminados por metales pesados depende fundamentalmente y como es de esperar, del reiterado consumo de los mismos. En los cereales los niveles de cadmio y plomo cobran especial relevancia pues los mismos constituyen la base de la alimentación en muchas regiones del mundo, el arroz está ampliamente estudiado pues constituye el principal cereal utilizado en Asia (Masironi y col, 1977). En el sur de India, la ingesta de arroz fue valorada en relación con los niveles de plomo y cadmio, y se observaron diferencias de la ingesta de ambos metales en función de la clase social. Las clases sociales más pudientes tenían una menor ingesta, frente a la población rural y clases pobres de la citada ciudad (Srikanth y col, 1995).

En Japón se observó igualmente que la ingesta diaria de cadmio era mucho mayor a través del consumo de arroz que el aporte debido al consumo de trigo observándose que este hecho era mucho más acusado a lo largo del mar del Japón que en todo el país (Shimbo y col, 2001).

En Finlandia la contribución de los cereales en la ingesta total de cadmio en la dieta fue estimada en un 59%, siendo el 60% del consumo de cereal correspondiente al trigo y el 27% al centeno, para el plomo se estimó en un 15% del total de la ingesta (Tahvonen y Kumpulainen, 1993)

Al-Saleh y Shinwari (2001) en un estudio sobre los niveles de estos metales en el arroz consumido por las poblaciones locales de Arabia Saudí advierten de los potenciales problemas de salud, al encontrar en algunos casos muestras que excedían de las ingestas tolerables recomendadas por la FAO/OMS.

En un estudio de niveles de plomo realizado sobre 1528 muestras de arroz producido en Asia y en otras regiones del mundo, se observó que España fue el origen de la muestra que poseía la media de plomo más alta, de aquellas cuyo lugar de origen no fue el continente asiático (Zhang y col, 1996).

En cuanto a las variaciones de los niveles de plomo en los alimentos a lo largo del tiempo, depende del lugar donde se realice el estudio y de los alimentos estudiados. En un estudio realizado en Finlandia en el año 1994 sobre muestras de pan, se observó que los niveles de plomo han disminuido desde los años 70, si bien el cadmio sigue más o menos con las mismas concentraciones que en esa década (Tahvonen y Kumpulainen, 1994). Por otro lado, Zhang y col (1996), compararon los niveles de plomo en arroz producido en Japón y en el resto del mundo y no

observaron disminuciones significativas de plomo en las últimas décadas ni en Japón, donde se realizó el estudio, ni en ninguna otra parte del mundo.

Un estudio realizado en el noroeste de China en cereales y legumbres que estaban a la venta al público, determinó que la media obtenida para los niveles de plomo fue para el grupo de los cereales de 31,3 ng/g, siendo en la harina de trigo 28,8 ng/g. Este mismo estudio reveló que las legumbres tenían niveles de plomo más bajos, con una media de 25,7, y que los niveles más altos alcanzados se obtuvieron en el mijo, con una media de 54,3 ng/g. También se estudiaron los niveles de cadmio encontrándose las mayores medias en las legumbres, en este aspecto los autores señalan que podrían existir implicaciones en salud pública por el consumo de soja, ya que la media en esta legumbre fue de 77,3 ng/g (Zhang y col, 1998).

Los resultados obtenidos en España por Roca y col (2000) en estudios de cereales infantiles con leche añadida y sin ella, revelaron la necesidad de intentar reducir la contaminación de plomo en esos alimentos, ya que son los alimentos más importantes en la dieta infantil a partir del cuarto mes. El mismo estudio no encontró diferencias significativas entre aquéllos con leche añadida y los que no la poseían, lo que nos hace pensar que el ingrediente que pudiera aportar los metales objeto del estudio sea el cereal, o bien la contaminación se produzca en las industrias, hecho que se debe considerar menos probable.

Conti y col, 2000 estudiaron los niveles de metales en trigos producidos en Italia y observaron diferencias significativas para algunos metales en función de la procedencia geográfica y la variedad estudiada.

En Varsovia se han estudiado los niveles de cadmio y plomo en fórmulas de cereales con leche y fórmulas de cereales para bebés y niños, observándose que aquellos elaborados con harina de trigo y harina de trigo sarraceno presentaban mayores concentraciones. Asimismo se determinó que los altos contenidos de esos metales en los alimentos estudiados eran debidos a la contaminación de las materias primas de partida (Jedrzejczak y Szteke, 1991).

Rubio y col (2006c) con objeto de estimar la ingesta, establecieron una concentración media de cadmio en distintos alimentos y señalan para el grupo de los cereales $14,4 \pm 0,03 \mu\text{g/Kg}$, estimando una ingesta diaria para la población canaria, por estos alimentos, en $1,06 \mu\text{g/día}$. Con respecto al plomo, la ingesta de la población canaria se estimó en $72,8 \mu\text{g/día}$, correspondiéndole al grupo de los cereales $0,208 \mu\text{g/día}$ (Rubio y col, 2005).

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. SITUACIÓN DE LAS INDUSTRIAS PRODUCTORAS DE GOFIO Y ESTUDIO DE SU MAQUINARIA.

Para evaluar la tecnología y describir el proceso de elaboración aplicado en este sector alimentario, se procedió inicialmente a localizar todas las industrias en el Archipiélago, que contabilizaron un total de 51 fábricas que se encuentran repartidas en Canarias de la siguiente manera: 14 en la isla de Gran Canaria, 1 en Lanzarote, 3 en La Gomera, 5 en La Palma y 28 en Tenerife.

Posteriormente, se realizaron visitas a cada una de las empresas entre los meses de enero y junio de 2001. No obstante, los resultados expuestos en el presente trabajo, difieren de los actuales, ya que en fechas posteriores a las visitas, se tiene conocimiento de que alguna de las fábricas del estudio cerraron sus puertas. Asimismo, se tiene igualmente constancia de que otras dos industrias sufrieron modificaciones en cuanto al número de piedras en funcionamiento y las dimensiones de las mismas.

En la tabla XXV, se exponen los parámetros que fueron observados en el estudio de la tecnología aplicada, teniendo en cuenta la fase de la elaboración evaluada.

TABLA XXV
Parámetros estudiados en el apartado de tecnología.

Limpieza del cereal
- Número de empresas que utilizan procedimientos mecánicos.
- Número de silos y materiales de los que están hechos.
Tostado
- Características de depósitos de combustible, si los poseen.
- Número de tostadoras que posee la industria.
- Tipo de tostadoras utilizadas.
- Tostadoras que se encuentran en mal estado de conservación.
Molturación
- Cantidad de molinos en funcionamiento en cada industria.
- Diámetro de las piedras y origen.
- Si poseen o no piedras de repuesto.
- Número de industrias que siguen utilizando motores diesel para la tracción de los molinos.
Envasado
- Grado de automatización en el empaquetado del producto final.

4.2. ESTUDIO DE LAS CONDICIONES HIGIÉNICO-SANITARIAS DEL SECTOR.

Se verificaron aquellos requisitos básicos que deben cumplir las industrias alimentarias en aplicación a las normativas horizontales relacionadas con las condiciones higiénico-sanitarias, teniéndose en cuenta los siguientes parámetros:

- Respecto a la garantía de las materias primas, se verificó si éstas vienen acompañadas de las correspondientes certificaciones que avalan la calidad y la aptitud para consumo humano.
- Si los locales de las industrias reúnen los requisitos higiénicos en cuanto a la aptitud de los suelos, luminosidad, ventilación y protección de luminarias.
- En cuanto a los manipuladores de alimentos, se observó la capacitación de los operarios mediante la acreditación de haber superado cursos de formación en higiene alimentaria, así como la utilización de ropa de uso exclusivo para el trabajo. Igualmente se observó si los trabajadores llevaban puestos anillos, relojes etc, cuando están en sus puestos de trabajo.
- Se procedió a la detección de animales o rastros de ellos en el interior de las industrias, así como si hacen uso de la contratación de empresas autorizadas para garantizar las adecuadas medidas de desinsectación y desratización.
- Utilización de vehículos de uso exclusivo y autorizados por la administración sanitaria para la distribución de sus productos.
- Aptitud de los materiales utilizados para los depósitos de almacenamiento de producto terminado.
- Se valoraron las condiciones higiénicas de los baños, observando si disponían de agua caliente y fría, de secado higiénico de manos mediante secador de manos o dispensadores de toallas de un solo uso, o bien si disponen de dispensador de jabón líquido.

4.3. ESTUDIO DEL ETIQUETADO DE LOS ENVASES.

El estudio del etiquetado de los envases utilizados para contener gofio fue descriptivo y las muestras se obtuvieron tomando los envases en el momento de las visitas a cada una de las fábricas, también se procedió adquiriendo envases en comercios; donde el gofio se vende directamente al consumidor.

Se analizó el etiquetado de 149 bolsas de gofio pertenecientes a 47 empresas productoras. El estudio se basó en observar el grado de cumplimiento de la normativa vigente, para ello se tomó cada mención de forma individualizada, como un parámetro observable que cumple o no cumple la legislación que lo regula.

Los aspectos estudiados y la normativa que se debe considerar en cada uno de los casos se recogen a continuación:

- Denominación de venta (Real Decreto 1334/1999, de 31 de julio).
- Lista de ingredientes, que no sería necesaria en el caso de que el gofio sea de un solo cereal o legumbre y no se le adicione sal (Real Decreto 1334/1999, de 31 de julio).
- Contenido neto en Kilogramos (Kg) o en gramos (g) (Real Decreto 1334/1999, de 31 de julio).
- Marcado adecuado de fechas será de “consumir preferentemente antes de fin de ..” o bien “consumir preferentemente antes de..” (Real Decreto 1334/1999, de 31 de julio).
- País de origen o lugar de procedencia (Real Decreto 1334/1999, de 31 de julio).
- Identificación de la empresa; nombre o razón social del fabricante (Real Decreto 1334/1999, de 31 de julio) y el Número del Registro General Sanitario de la industria (este último por imperativo de su normativa vertical; Real Decreto 1286/1984, de 23 de mayo).

- Dimensiones de la señalización del contenido neto que debe ser; superior a 3 mm cuando se envasa entre 200 y 50 gramos de producto, de 4 mm; cuando se realiza con cantidades entre 1000 y 200 g; y de 6 mm para los superiores a 1000g (*Real Decreto 1472/1989, de 1 de diciembre*).
- Si el contenido neto del envase es el estipulado; 250, 375, 500, 500, 750, 1000, 2000 g (*Real Decreto 1472/1989, de 1 de diciembre*).
- Especificación del lote de fabricación, que se podría dejar de señalarse si estuviera indicado el día y mes de caducidad claramente y en orden (*Real Decreto 1808/1991, de 13 de diciembre*).
- Especificaciones sobre su conservación; “*Consérvese en sitio seco y aislado del suelo*” (*Real Decreto 1286/1984, de 23 de mayo*).
- Indicación de la letra “e” con una dimensión de 3 mm (*Real Decreto 723/1988, de 24 de junio*).

En cuanto a si declaran propiedades nutritivas, y teniendo en cuenta que no es obligatorio tales menciones a no ser que presenten en el etiquetado alusión a algún nutriente, este tipo de declaración deberán hacerlo según lo estipulado en el Real Decreto 920/1992, de 17 de julio, respecto a este tipo de etiquetado se verificaron los siguientes parámetros:

- Enumeración de nutrientes según la declaración del grupo 1; Valor energético, cantidad de proteínas, hidratos de carbono y grasas. Declaración según el grupo 2; valor energético, cantidad de proteínas, hidratos de carbono, azúcares, grasas, ácidos grasos saturados, fibra alimentaria y sodio.
- Si las unidades de cada uno de los nutrientes se realiza conforme a lo legislado.

Otros dos aspectos tenidos en cuenta, y que no tienen relación con el etiquetado específico de los productos alimenticios fueron;

- El símbolo indicativo de “punto verde”, que manifiesta que la industria está acogida al sistema integrado de gestión de residuos de envases.
- El código de barras, que es prácticamente una identificación comercial del producto para facilitar su comercialización, que la concede la Asociación Española de Codificación Comercial.

4.4. IMPLANTACIÓN DEL ANÁLISIS DE PELIGROS Y PUNTOS DE CONTROL CRÍTICO.

La implantación y evaluación del Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico no se realizó en todas las industrias, puesto que debido al número de visitas que son necesarias para su buena adecuación, se limitó a la isla de Tenerife. Además, al tener un carácter voluntario, ya que era necesario acogerse al proyecto dirigido por la APGC, ya que muchos de los empresarios de la isla de Tenerife no participaron, por lo que solamente se intervino para su implantación en 15 industrias. Se realizaron 5 visitas a cada industria, siguiendo las pautas hasta su total implantación señaladas a continuación:

- 1^a visita: se advierten aquellos posibles riesgos sanitarios (haciendo especial hincapié en los prerrequisitos; condiciones higiénicas de los locales e instalaciones) y se dan posibilidades para subsanarlos, asimismo, se estudian

los procesos utilizados en la fabricación del gofio, preguntando sobre distintos aspectos, de la fabricación, que son necesarios para instaurar el Sistema de Autocontrol.

- 2^a visita: se entrega un borrador del sistema de APPCC con el fin de que los responsables de la empresa determinen su adecuación a ella.
- 3^a visita: se recogen las sugerencias por parte de la empresa para que se modifique o se adapte el APPCC según la realidad y el trabajo cotidiano de la empresa.
- 4^a visita: se entrega el APPCC definitivo haciendo constar las posibles sugerencias por parte de la empresa.
- 5^a visita: se verifica la aplicación del APPCC, se asesora finalmente, o bien, en aquellas industrias que no lo han puesto en marcha se les advierte de su irregularidad.

Los resultados obtenidos, que únicamente pretenden valorar los parámetros que hemos considerado más importantes, se han estructurado de la siguiente manera:

1º) Evaluación de las condiciones generales de higiene de las instalaciones o *prerrequisitos* a la implantación del sistema. Se han tenido en cuenta los materiales de suelos, paredes y techos, iluminación, medidas de protección y programas de lucha contra vectores sanitarios, correctas prácticas de manipulación, realización de registros en las fases de producción etc. En cuanto a materiales en contacto con los alimentos se valoró el cumplimiento con los Reales Decretos 397/1990, de 16 de marzo, por el que se aprueban las condiciones generales de los materiales para uso alimentario distintos de los poliméricos y Real Decreto 118/2003, de 31 de enero, por el que se aprueba la lista de sustancias permitidas para la fabricación de materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con los alimentos y se regulan determinadas condiciones de ensayo.

2º) Implantación del APPCC y evaluación de aquellos parámetros que las empresas han tenido que aplicar en las fases de producción como consecuencia de la aplicación del sistema.

4.5. ESTUDIO ORGANOLÉPTICO.

Se realizó un análisis sensorial cuantitativo descriptivo (Stone y *col*, 1974) para conocer los atributos de los gofios de trigo, millo o bien de mezcla de ambos, así como, de diferentes grados de tostado y procedencia.

La determinación del perfil sensorial de un producto alimentario requiere el uso de ciertas técnicas sensoriales (Amerine y *col*, 1965) que tengan un carácter discriminatorio de cada uno de los atributos que caracteriza sensorialmente al producto, y también una capacidad de reproducibilidad a lo largo del tiempo de los diferentes descriptores que lo definen (Ennis, 1998; Torre, 2000).

Esta premisa es la que se ha utilizado para estudiar el perfil sensorial de los gofios canarios, después de un entrenamiento y selección de los degustadores empleados (Damasio y Costell, 1991).

Se estudiaron 34 gofios procedentes de las tres principales islas productoras, siendo la relación de cada gofio por isla la siguiente:

- Gran Canaria: 4, 5, 11,12, 13, 14, 16, 17, 18, 22, 24 y 26 = Total = 12

- Tenerife: 6, 7, 8, 9, 10, 19, 20, 21, 23, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 33 y 34 Total = 17
- La Palma: 1, 2, 3, 15, 32 = Total = 5

La realización del perfil sensorial se realizó con 19 catadores, compuestos por 12 hombres y 7 mujeres, cuya edad varía entre 18 y 35 años. Las pruebas de entrenamiento se desarrollaron durante un periodo de cuatro semanas, en un total de 12 sesiones de hora y media cada una (Issanchou y Lesschaeve, 1993). Tras la selección de los catadores atendiendo a su carácter discriminatorio y de reproducibilidad, se realizó la cata por triplicado de los 34 gofios estudiados, a razón de nueve gofios por sesión, abarcando un total de 11 sesiones (Zook y Wessman, 1977). Cada uno de los descriptores empleados se evaluó en una escala de 0 a 5. Es decir, 0, nula presencia, y 5 intensidad muy alta.

El parámetro de “sensación táctil” se realiza tomando una muestra del producto entre los dedos pulgar e índice y valorando su granulometría con la yema de ambos dedos; tal y como lo llevan haciendo los maestros molineros en el proceso de elaboración del gofio. En dicho parámetro mayor puntuación, denota más suavidad al tacto y por tanto mayor molturación. En el argot de los molineros se diría que el gofio es menos vivo o rolado cuanto mayor puntuación tenga.

Después del entrenamiento de los catadores, se realizó una selección de los descriptores sensoriales que eran más representativos de los gofios estudiados, siendo aquellos seleccionados para la descripción del gofio los recogidos en la tabla XXVI.

TABLA XXVI

Descriptores seleccionados para describir los gofios

Grupo sensorial	Descriptor	Código
Aspecto visual:	Coloración beige	BEI
	Coloración Amarilla	AMA
	Coloración marrón	MAR
Olfacción:	Intensidad de olor	INT
	Humedad	HUM
	Torrefacto	TOR
	Vegetal	VEG
	Frutos secos	FRU
	Rancio	RAN
Gustación:	Adhesividad	ADH
	Finura	FIN
	Acidez	ACI
	Tostado	TOS
	Amargor	AMR
	Persistencia en boca	PER
Sensación táctil		TAC

Otra serie de descriptores fueron empleados inicialmente para caracterizar los gofios, pero no resultaron significativos en su caracterización, entre ellos se descartaron: impurezas, dulzor y salado. Los descriptores de finura, adhesividad

podrían englobarse dentro de las características que definen la textura (Brandt y col., 1963).

Para el estudio de los resultados se usó el paquete estadístico SPSS (Inc., 1989-1999), Versión 10.0.6. Se empleó un ANOVA para observar las diferencias significativas entre muestras, así como, un análisis de componentes principales para estudiar en conjunto las muestras de gofios (Powers J.J, 1984).

4.6. DETERMINACIÓN DE MACRONUTRIENTES Y ESTIMACIÓN DE LA INGESTA DE VITAMINAS.

Los macronutrientes estudiados fueron proteínas, carbohidratos y grasas. Se estudiaron únicamente 5 muestras de cada uno de los gofios de trigo, de millo y de trigo-millo.

El contenido de proteína fue hallado mediante el método de Kjeldahl, se procedió al cálculo de la misma a partir del nitrógeno total multiplicado por el factor 6,25.

La grasa se valoró por el método de Soxhlet, tomando 10 gramos de muestra desecada con éter de petróleo.

El cálculo del contenido de hidratos de carbono se realizó por diferencia respecto a 100, considerando el resto de los componentes mayoritarios.

El consumo de vitaminas presentes en el gofio, se estimó desde el punto de vista dietético teniendo en cuenta el consumo medio diario de 30 gramos de gofio, que es la cantidad aproximada (2 cucharadas soperas) que se consume habitualmente acompañando ciertos platos como la leche, los potajes etc. Los porcentajes de las ingestas diarias recomendadas fueron calculados según las ingestas estimadas por Entrala y Gil (2000) en su estudio de las vitaminas, aplicado en la alimentación de los españoles.

4.7. DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS METÁLICOS.

El muestreo se realizó entre los meses de enero y junio de 2001 visitando cada una de las industrias productoras de gofio. Se tomó un paquete de gofio debidamente envasado; o bien, se recogió a granel una cantidad de gofio suficiente para el análisis, mediante el uso de envases plásticos de cierre adecuado.

El número total de muestras estudiadas fueron 194, si bien, para el mejor estudio estadístico de los datos se suprimieron algunas que pudieran dar lugar a sesgos significativos, tal y como se especifica en el apartado de *resultados y discusión*.

Las muestras se diferenciaron con distintas categorías con el fin de determinar posibles diferencias significativas en función de los niveles de elementos metálicos y otros parámetros como los cereales empleados, la isla de fabricación, la adición o no de sal, si se realiza tamización después de la elaboración del gofio, o si el cereal se sometió a mayor tueste. En la tabla XXVII se pueden observar el número de muestras de gofio, teniendo en cuenta los ingredientes utilizados en su elaboración. No obstante se debe indicar que dada la gran cantidad de gofios en los que se utilizan más de dos cereales y/o legumbres, y considerando la gran variabilidad de las cantidades de cereales utilizadas como materias primas es por lo que todos se han agrupado en "*gofio de cereales*", con objeto de mejorar su estudio, ya que muestran gran heterogeneidad estos gofios.

TABLA XXVII

Número de muestras estudiadas en función de los ingredientes utilizados.

Tipo de Gofio	Nº muestras
Gofio de millo	66
Gofio de trigo	50
Gofio de millo canario	15
Gofio de trigo - millo	23
Gofio de cereales	27
Gofio de cebada	8
Gofio de garbanzo	3
Gofio de avena	1
Gofio de centeno	1
Número total de muestras	194

4.7.1. Instrumental

- Espectrofotómetro de absorción atómica de la marca Perkin-Elmer modelo 4100 ZL Zeeman, equipado con cámara de grafito Perkin-Elmer 4100 Zeeman y muestreador automático AS70.
- Espectrofotómetro de absorción atómica de llama modelo Perkin Elmer 2100.
- Espectrofotómetro de plasma acoplado inductivamente (ICP), modelo Thermo Jarrell Ash AtomScan 25.

4.7.2. Tratamiento de las muestras

En cápsulas de porcelana se pesaron 10 g de muestra, para el pesado se ha empleado material de plástico desechable, para evitar una posible contaminación de metales.

Debido a que se trata de gofio y éste posee muy baja humedad, la muestra no hizo falta someterla a una desecación previa por lo cual se sometió directamente a incineración en horno mufla a 450° C, esta temperatura se alcanza gradualmente aumentando no más de 50° C en intervalos de 30 minutos, obteniendo la temperatura deseada en unas 4 horas, temperatura que se mantendrá aproximadamente 24 horas.

Posteriormente, a las cenizas resultantes se le realizó una digestión con ácido nítrico al 10%, para ayudar a oxidar la materia orgánica que pudiera quedar, eliminando los restos de ácido por evaporación sobre un baño de arena, una vez realizado se introdujo de nuevo en el horno mufla siguiendo el procedimiento comentado otras 24 horas, hasta obtener cenizas blancas.

La calcinación tiene la ventaja de que las cenizas resultantes pueden ser diluidas en pequeños volúmenes lo que mejora los límites de detección en comparación con los obtenidos mediante el método de digestión húmeda (Jorhem, 2000).

Una vez obtenidas las cenizas se disolvieron en HNO₃ al 5% hasta un volumen de 50 mL.

4.7.3. Procedimiento analítico para la determinación de plomo y cadmio.

El procedimiento se realizó considerando los criterios de aptitud al uso, consideraciones generales y preparación de muestras establecidos para la determinación de elementos traza en productos alimenticios según la norma española UNE-EN-13804, de diciembre de 2002. En cuanto al funcionamiento de los métodos analíticos y la interpretación de los resultados se tuvo en cuenta la Decisión de la Comisión de 12 de agosto de 2002 por la que se aplica la Directiva 96/23/CE del Consejo, así como lo dispuesto en el Real Decreto 256/2003 de 28 de febrero, por el que se fijan los métodos de toma de muestras y de análisis para el control oficial de plomo, cadmio, mercurio y 3-monocloropropano-1,2-diol en los productos alimenticios, modificado por Orden 3427/2005, de 25 de octubre.

El plomo y cadmio se determinaron mediante la utilización de un espectrofotómetro de absorción atómica con cámara de grafito equipado con corrector Zeeman, modelo Perkin Elmer 4100 ZL. Esta técnica fue considerada la más adecuada para la determinación de estos elementos debido a su buena reproducibilidad y su alto poder de detección (Bermejo-Barrera y *col.*, 2000). En el caso de algunas muestras con alto contenido el plomo se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica de llama modelo Perkin Elmer 2100.

Las disoluciones se introducen en el espectrofotómetro, para cada medida se inyectaron 20 mL de muestra. Se realizaron pruebas analíticas iniciales de plomo y cadmio utilizando una mezcla de $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ y $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ como modificador de matriz, sin embargo, no se apreciaron mejoras en los resultados por lo que fue descartado su uso en los análisis realizados posteriormente.

Las concentraciones se calcularon mediante extrapolación de las absorbancias leídas sobre rectas de calibrado construidas a partir de soluciones patrón de concentraciones conocidas. La concentración de plomo se ajustó a una recta de tipo lineal, sin embargo el ajuste de la concentración de cadmio se ajustó mejor a una curva no lineal que fue realizada de manera automática por el aparato dando excelentes resultados. El valor de concentración se calculó a partir de dos lecturas de cada muestra (repeticiones) para mejorar la precisión en la lectura del equipo.

La temperatura a la cual se inyectó la muestra es de 20° C, inyectándose 20 μL de muestra. La programación térmica de la cámara de grafito a la hora de medir incluye una fase de evaporación del diluyente, una de secado, una de pirólisis (tratamiento térmico a 450°C para eliminar cualquier traza de materia orgánica que pueda quedar en la muestra), un pretratamiento térmico (hace que se atomicen y liberen ciertas partículas que pueden interferir en la lectura) y una fase de atomización, en la cual se lleva a cabo la lectura midiendo la absorción de las partículas atomizadas a la longitud de onda de 283,3 nm para el caso del plomo y de 228,8 nm para el cadmio. Durante esta fase el flujo de argón se corta para que no arrastre las partículas atomizadas y pueda leer el equipo, por último una fase de limpieza de la cámara de grafito propiamente dicha para eliminar cualquier resto de muestra que haya podido quedar e interferir en la próxima lectura. Las características de la cámara de grafito para la determinación de plomo y cadmio se especifican en las tablas XXVIII y XXIX.

TABLA XXVIII

Condiciones instrumentales de la cámara de grafito para la determinación de plomo.

Programación térmica de la cámara de grafito para la determinación de Plomo				
Fase	Temperatura (°C)	Tiempo rampa	Tiempo mantenido	Flujo de Argón (mL/min)
Evaporación del diluyente	100	10	20	250
Secado	130	25	20	250
Pirólisis	450	15	20	250
Pretratamiento	800	5	10	250
Atomización	1250	0	3	0
Limpieza	2500	2	3	250

Anchura de rejilla de 0,7nm.

TABLA XXIX

Condiciones instrumentales de la cámara de grafito para la determinación de cadmio.

Programación térmica de la cámara de grafito para la determinación de Cadmio				
Fase	Temperatura (° C)	Tiempo rampa	Tiempo mantenido	Flujo de Argón (mL/min)
Evaporación del diluyente	100	10	20	250
Secado	130	25	20	250
Pirólisis	450	15	20	250
Pretratamiento	700	5	5	250
Atomización	1250	0	3	0
Limpieza	2500	2	3	250

Anchura de rejilla de 0,7 nm

Los límites de detección se calcularon siguiendo el criterio de la IUPAC (1995), el cual establece que el límite de detección es la concentración en la que se comete un error β del 5%. Los límites de detección calculados para este tipo de matriz y realizados sobre la medida de 15 blancos, fueron los siguientes; en el caso del plomo 0,28 $\mu\text{g/L}$ y para el cadmio 0,065 $\mu\text{g/L}$.

4.7.4 Procedimiento analítico para la determinación de sodio, potasio, calcio y magnesio.

Se determinaron por espectrometría de plasma acoplado inductivamente (ICP), usando el modelo Thermo Jarrell Ash AtomScan 25. Debido a la alta concentración de estos metales se realizó una dilución 1/50, tomando 1 mL de la muestra ya preparada y diluyéndola en 50mL de ácido nítrico al 5%. Se realizaron dos lecturas de cada muestra, y al igual que en las anteriores determinaciones las concentraciones se calcularon mediante extrapolación sobre rectas de calibrado construidas a partir de soluciones patrón de concentraciones conocidas.

El límite de detección para el sodio a una longitud de onda de 589,592 nm fue de 0,01 mg/L; para el potasio medido a 766,49 nm fue de 0,1 mg/L; en el caso del

calcio analizado a 317,933 nm fue de 0,01 mg/L y para el magnesio estudiado a 280,27 nm el límite de detección se estableció en 0,01 mg/L.

4.7.5. Procedimiento analítico para la determinación de cobre, hierro, zinc y manganeso.

La determinación de estos elementos se llevó a cabo mediante ICP, usando el modelo Thermo Jarrell Ash AtomScan 25. Las muestras fueron tratadas y preparadas de la misma manera que para las determinaciones de plomo y cadmio, realizándose dos lecturas de cada muestra. Las concentraciones se calcularon, de igual manera, mediante extrapolación sobre rectas de calibrado construidas a partir de soluciones patrón de concentraciones conocidas.

Los límites de detección se obtuvieron a través de la aplicación del propio programa informático del instrumento de análisis, siendo para cada uno de los elementos a su correspondiente longitud de onda de medida los siguientes: para el cobre medido a 324,754 nm de 0,01 mg/L; para el hierro a 238,204 nm fue de 0,002 mg/L; en el caso del manganeso se midió a una longitud de onda de 294,92 nm y el límite de detección fue de 0,01 mg/L y para el zinc medido a 213,856 fue de 0,002 mg/L.

4.8. Análisis de datos y estimación de la ingesta de elementos metálicos.

Los análisis estadísticos para el estudio de metales y minerales se realizó con el programa de análisis de datos SPSS Inc., 1989-2003, versión 11.0, empleándose un ANOVA para observar las diferencias significativas entre muestras.

En primer lugar se realizó un estudio descriptivo de la totalidad del conjunto de datos y posteriormente, teniendo en cuenta que los gofios han sido elaborados con diferentes ingredientes se realizó el estudio estadístico descriptivo para cada uno de los grupos, establecidos en función del cereal empleado, dando lugar a 9 grupos; el gofio de millo, trigo, millo de origen canario, mezcla de trigo-millo, cereales, cebada, garbanzo, avena y centeno.

Con el fin de determinar si existen diferencias significativas en el contenido mineral de los distintos gofios y para además poder considerar otras variables tenidas en cuenta como la tamización después de la molturación, la adición de sal, etc, se hace necesario realizar un estudio de normalidad. Se utilizaron las pruebas Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk con el objeto de poder comparar los distintos grupos de muestras, en función de seguir o no una distribución normal.

Se valoró la utilización del ANOVA con objeto de verificar si existen diferencias significativas, entre los distintos grupos, con aplicación del estadístico de Levene sobre homogeneidad de varianzas, el cual permite contrastar la hipótesis de que la varianza de la variable dependiente es la misma en el conjunto de las poblaciones definidas por la combinación de factores. En caso afirmativo se podía haber recurrido a comparaciones múltiples *post hoc*, con pruebas de Tukey y Games_Homes para determinar entre que grupos de variables se producen esas diferencias.

Sin embargo, al realizar la prueba Kolmogorov-Smirnov se observó que existían gran cantidad de grupos de gofios que no cumplen las condiciones de aplicación de las pruebas paramétricas por lo que se recurrió a un Kruskal-Wallis con objeto de verificar las diferencias significativas, utilizando para verificar entre qué grupos existen, la prueba de U de Mann-Whitney para dos muestras independientes.

También se utilizó el modelo de distribución de probabilidad t de Student para comparar aquellos grupos de gofios en los que la distribución de los datos seguía un comportamiento normal, esta prueba también se puede aplicar también cuando el tamaño de la muestra es grande, a partir de 30 casos (Pardo y Ruiz, 2005).

Para estimar la ingesta de elementos metálicos debido al consumo de gofio se han considerado las Ingestas Dietéticas de Referencia (IDR), las cuales se han obtenido a partir de las establecidas como Aporte Dietético Recomendado (ADR) con el fin de mejorarlas teniendo en cuenta la integración de los distintos grupos de población (National Academy of Sciences 2004, García Gabarra, 2006). Si bien, para la evaluación del riesgo por ingesta de metales pesados se ha considerado la determinación del margen de seguridad (MOS) descrito por Vilanova (2006).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

5.1. LOCALIZACIÓN DE LAS INDUSTRIAS ELABORADORAS DE GOFIO.

Como se ha indicado en otros capítulos, el gofio ha sido el alimento mas importante a lo largo de la historia de la alimentación en Canarias y ello dio lugar a se desarrollaran multitud de empresas dedicadas a la molturación de cereales.

El número de molinos ha disminuido, de manera significativa, en las últimas décadas. De las fábricas que existían en los años 70 hasta las que se encuentran actualmente en producción, ha habido un importante descenso, contabilizándose hoy en día, un total de 55 molinos distribuidos en el Archipiélago de la siguiente manera; 15 en la Provincia de Las Palmas y 40 en la de Santa Cruz de Tenerife. Si bien, posiblemente tengamos que sumar dos más, que podrían ejercer una actividad muy residual en algunos barrancos de Gran Canaria.

No obstante debemos indicar que cuatro de los indicados para la provincia de Santa Cruz de Tenerife, son molinos que no venden gofio, sino que su actividad consiste en realizar la molturación de los cereales a particulares que aún tuestan el grano en sus domicilios y el molinero únicamente cobra por prestar el servicio de molturación, y poner en práctica su importante experiencia para realizar dicha operación. La distribución de las fábricas en cada una de las islas así como su localización geográfica por municipios se señalan en las figuras de la 11 a la 15, observándose la siguiente distribución; 14 en la isla de Gran Canaria, 1 en Lanzarote, 3 en La Gomera, 5 en La Palma y 28 en Tenerife.

FIGURA 11

Localización de las industrias productoras de gofio en la isla de Gran Canaria.

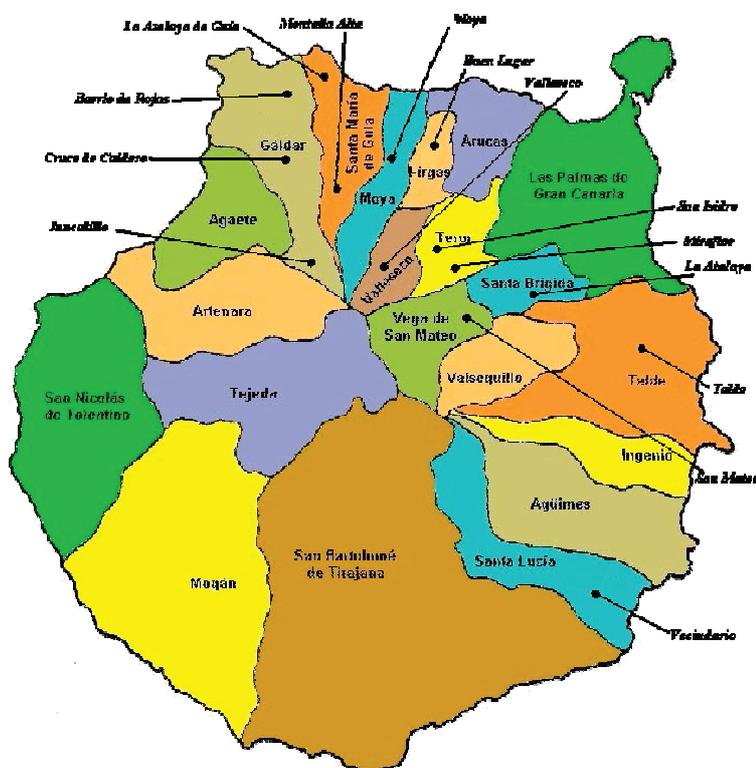


FIGURA 12

Localización de las industrias productoras de gofio en la isla de Lanzarote.

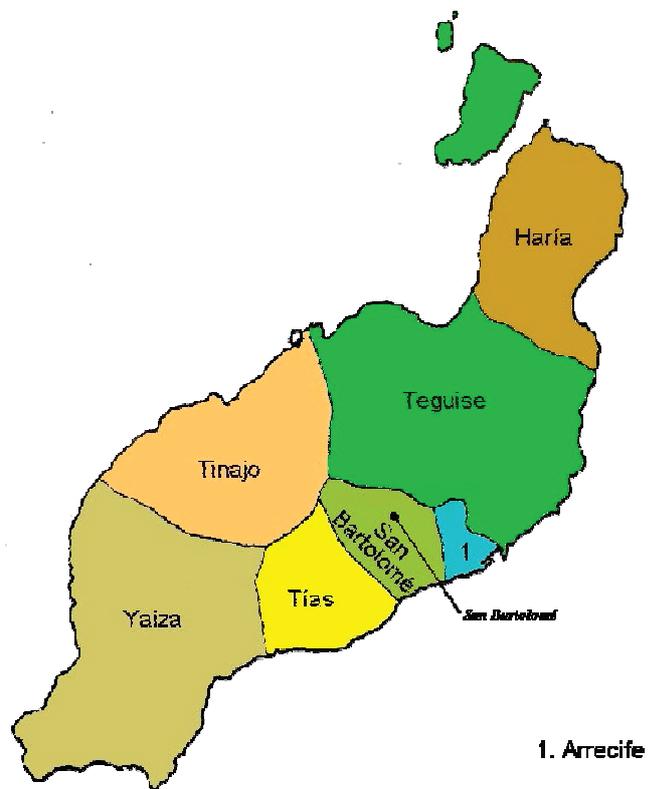


FIGURA 13

Localización de las industrias productoras de gofio en la isla de La Gomera.



5.2. TECNOLOGÍA UTILIZADA POR LAS INDUSTRIAS ELABORADORAS DE GOFIO.

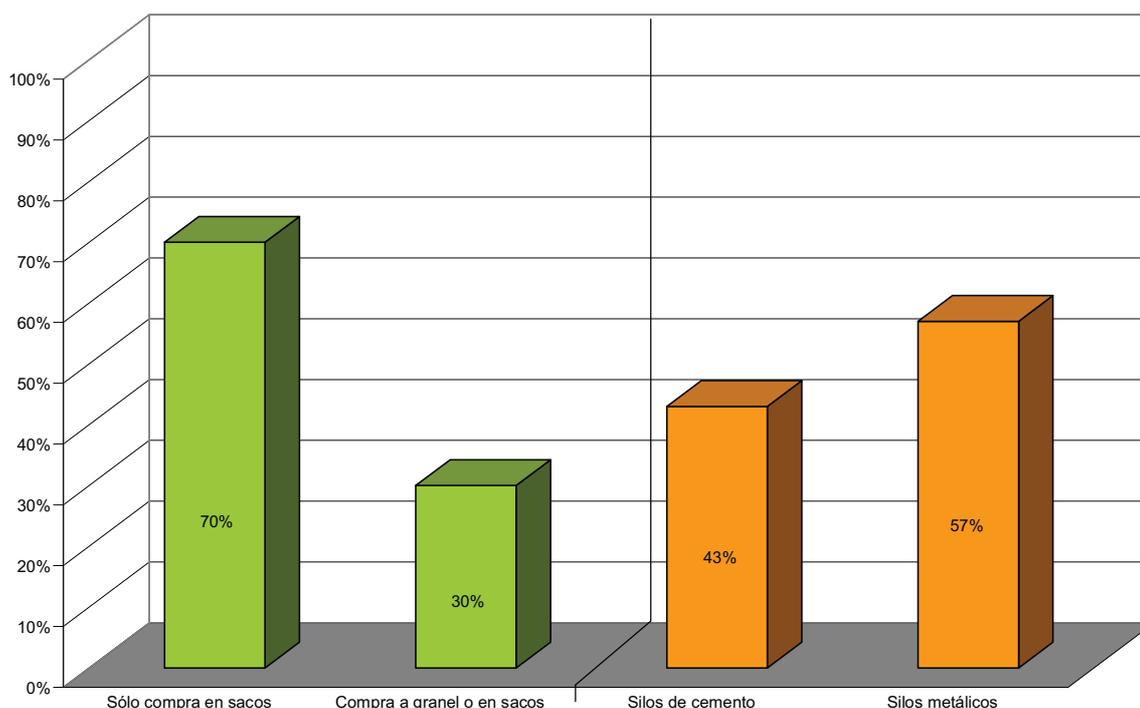
La mayoría de la maquinaria utilizada en las industrias que producen gofio en Canarias está diseñada y construida en talleres locales, pues en pocas ocasiones se utiliza tecnología industrial estandarizada. Este hecho ha dado lugar a que todas las tostadoras y molinos tengan características técnicas distintas. Es destacable el hecho de que los procesos de tueste y molturación, en la mayoría de las fábricas, estén regulados únicamente por el molinero, que manualmente controla la maquinaria utilizada.

Con el fin de estructurar los resultados de este apartado se describirá la maquinaria y/o elementos estudiados en función de la fase de producción en la que participen, por lo que a continuación se detallan cada una de las fases.

- Recepción y limpieza de los cereales.

Las industrias que poseen silos son generalmente aquellas que procesan grandes cantidades de cereal y que tienen mayor tecnología aplicada, sin embargo, en ocasiones existen otras que siendo más modestas también los poseen. Los silos suelen ser de cemento, si bien, hay algunas empresas en la que estos elementos son metálicos. En la figura 16 se observa que únicamente el 30% de las industrias pueden comprar el cereal a granel pues disponen de silos para el almacenamiento su almacenamiento o de sistemas de conducción adecuados para el transporte del cereal hasta los silos. También se indica de qué materiales están fabricados los silos que poseen.

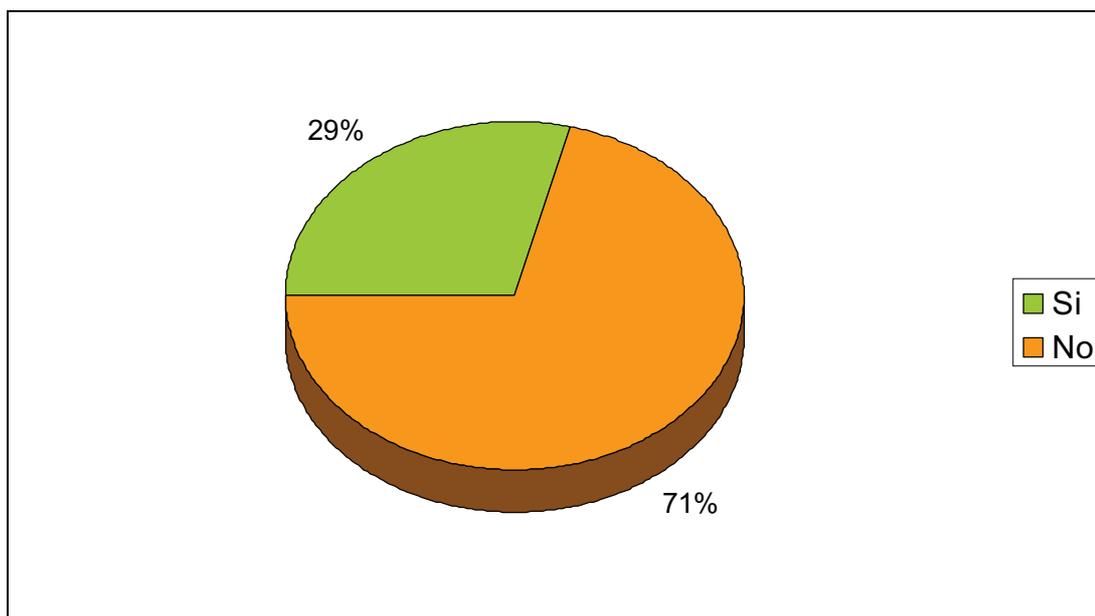
FIGURA 16
Empresas que utilizan silos para el almacenamiento de los cereales y materiales de los que están fabricados.



En cuanto a la limpieza de los cereales antes de su procesado son relativamente pocas las empresas que poseen sistemas mecánicos de limpieza de la principal materia prima, solamente disponen de estos dispositivos el 29 % de ellas (figura 17). El resto de las industrias compran el cereal previamente limpio por las empresas proveedoras, lo que supone un coste adicional de la materia prima. Otras empresas, más tradicionales y pequeñas, limpian el cereal con zarandas o cernideras movidas manualmente, o cualquier otro dispositivo rudimentario por gravedad, entre estas últimas dicen realizar limpieza manual de los cereales un 49%.

FIGURA 17

Empresas que disponen de maquinaria para la limpieza del cereal crudo.



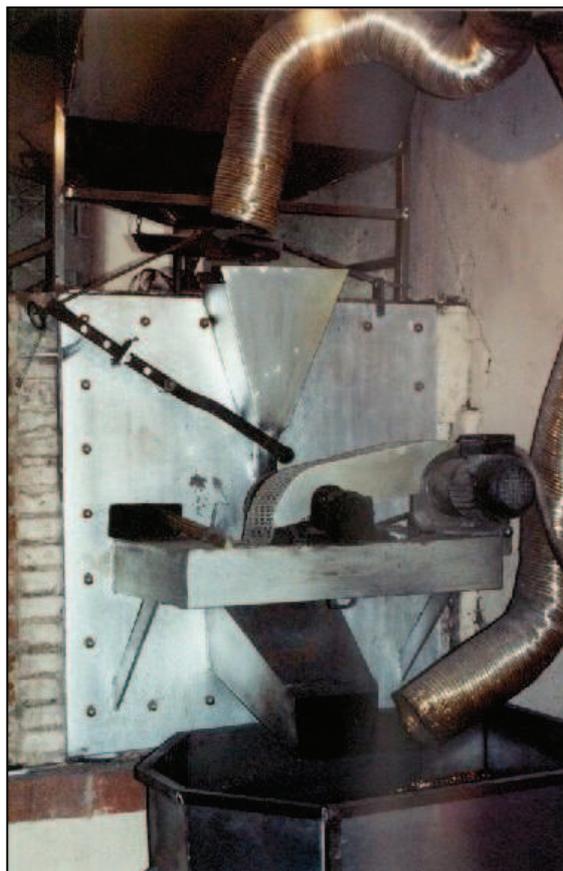
- Tueste del cereal

En algunas empresas se incorporan sistemas de limpieza a la entrada del cereal en la tostadora con el fin de retirar la posible suciedad que pudiera quedar después de la fase de limpieza. Estos dispositivos suelen ser canalizaciones realizadas con mallas y que por gravedad retiran las cascarillas antes de entrar en la tostadora.

También, existen otros ingenios como el que se puede observar en la figura 18, donde se acoplan sistemas de aspiración al flujo de cereales, en ella se aprecia como en la tostadora de doble tambor, el sistema de aspiración se ubica tanto en la entrada de la tolva de alimentación para la retirada de posibles partículas en el cereal crudo, como en la salida de la tostadora para eliminar partículas quemadas, aspirar el humo y facilitar el enfriamiento. Asimismo, se observa en la misma figura un receptáculo de acero inoxidable que tiene como fin mejorar el ensacado del cereal tostado, para el posterior enfriamiento.

FIGURA 18

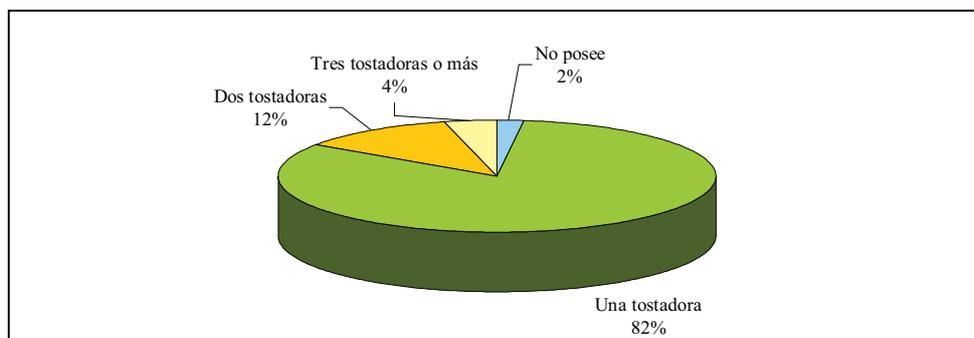
Tostadora de doble tambor con sistemas de aspiración.



En aquellas industrias con gran capacidad de procesamiento existen más de una tostadora. En la figura 19 se representan de forma gráfica el porcentaje de industrias que poseen más de una tostadora, destacando que la gran mayoría de las empresas (82 %) solamente poseen una y que solamente el 12 % de ellas poseen dos tostadoras. Incluso, destaca una de las fábricas artesanales, que no posee ninguna, dependiendo el proceso de tostado de otra fábrica que le realiza esta labor. Es de relevancia en este mismo diagrama, el hecho de que solamente dos industrias (4%) poseen tres o más tostadoras.

FIGURA 19

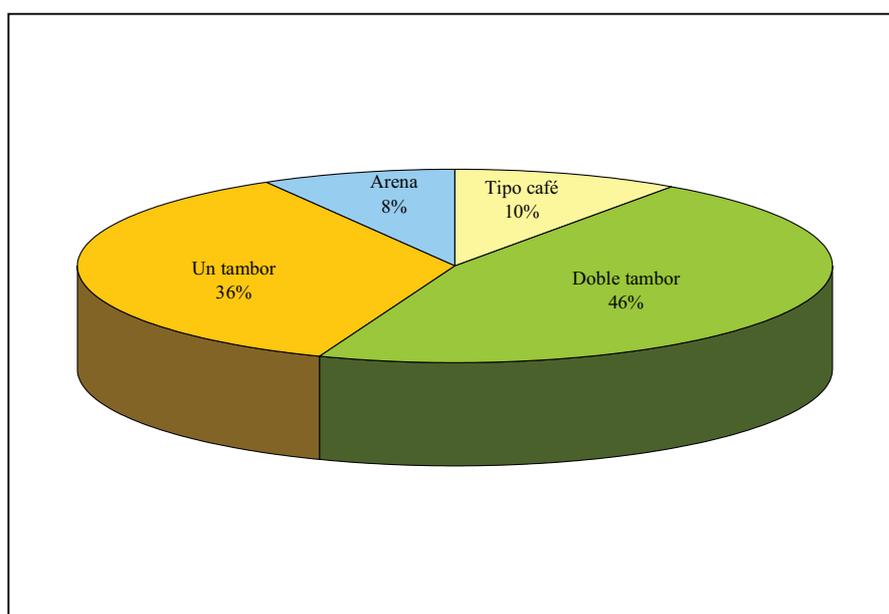
Porcentaje de industrias con una, dos, y tres o más tostadoras.



En cuanto a los tipos de tostadora que se utilizan, el que con mayor frecuencia se usa es la tostadora de doble tambor, pues comparada con la tostadora de tambor simple, posee mayor rendimiento. Como se aprecia en la figura 20, el 46 % de las tostadoras que están en funcionamiento son de doble tambor, y el 36 % solamente poseen un tambor. Existen únicamente seis tostadoras con tecnología estandarizada, este tipo de tostadora son las utilizadas normalmente en industrias del café y representan el 10 % del total de las tostadoras en activo en los molinos de gofio.

FIGURA 20

Tipos de tostadoras utilizadas en las industrias elaboradoras de gofio.



Otro modelo de tostadora, es la que utiliza como coadyuvante tecnológico la arena. Se trata de una adecuación tecnológica al antiguo tostado del cereal que se realizaba en un recipiente de barro lleno de arena y donde se introducía el grano de cereal para ser agitado con un palo (Mora, 1991).

Se trata de un gran recipiente metálico rectangular y abierto, dotado de un eje central provisto de palas. En el interior, las palas agitan el cereal con la arena, obteniendo así un tueste homogéneo de todo el grano. Se usa para el tueste de los granos de millo exclusivamente, y únicamente en la isla de Gran Canaria. Estas tostadoras representan el 8 % del total de las que están en funcionamiento.

Conviene señalar que a lo largo de las visitas se han encontrado 12 tostadoras muy antiguas que necesitan urgentes reformas ya que presentan defectos como tolvas en mal estado, abundante presencia de humos, partículas en suspensión, etc.

Los depósitos donde se almacena el cereal tostado suelen ser de hierro o de cemento recubiertos o no de azulejos. No obstante y dado que existen gran cantidad de fábricas artesanales, en muchas de las industrias, una vez que el cereal sale de la tostadora, se introduce en sacos, permaneciendo en ellos hasta que está suficientemente frío para ser tostado. Por el contrario existen fábricas en las que el almacenamiento no tiene lugar, al elaborarse el gofio de manera continua, estas industrias están dotadas de medios que permiten el enfriamiento del cereal

inmediatamente después de que sale de la tostadora; bien sometiéndolo a una contracorriente de aire frío, o bien mediante la utilización de recipientes provistos de agitadores.

- Molturación.

Como se ha comentado en el apartado *revisión y antecedentes*, el proceso que mayor importancia tiene en la elaboración de gofio es la molturación del cereal tostado, que siempre se realiza en molinos de piedra.

La tracción de los molinos utilizados para la elaboración de gofio ha variado a lo largo del tiempo, hoy en día las industrias mueven los molinos mediante modernos motores eléctricos de entre 9 y 20 CV, quedando totalmente obsoletos los motores diesel. Aún así, todavía existen 6 empresas que siguen utilizando motores diesel, destacando una industria que utiliza un motor Ruston & Hornsey de 25 CV que fue comprado en el año 1925.

Las fábricas de gofio actuales elaboran gofio utilizando molinos dotados de piedras de diámetros variables que oscilan entre 0,90 y 1,50 metros. Sin embargo, en la figura 21 se observan las piedras que se utilizan en la actualidad en función del diámetro y del origen, apreciándose como las más utilizadas son las piedras con diámetros de 1,10 y de 1,20 m.

El origen de las piedras también ha sufrido variaciones con el paso de los años, inicialmente las piedras de los molinos eran naturales, de basalto poroso obtenidas de canteras locales. Posteriormente, las piedras se dejaron de esculpir del material rocoso y se compraban en la Península, "catalanas o alicantinas"; en la actualidad se compran en Alemania. No obstante, y dado que ha existido mayor tradición en el trabajo de cantería, muchos molinos de la isla de Gran Canaria siguen utilizando las antiguas piedras de origen basáltico obtenidas de las numerosas canteras que existían, ya que las han adquirido de antiguas molinerías que han ido cerrando sus puertas. La compra de piedras de segunda mano, ha hecho que en multitud de ocasiones existan fábricas que tengan molinos con piedras de diferentes diámetros.

Únicamente 16 industrias son las que poseen piedras de recambio y solamente 6 de ellas tienen más de 2 juegos de piedras, normalmente compradas de segunda mano, como se ha comentado con anterioridad.

La permanencia en la utilización de piedras realizadas en basalto de origen canario es únicamente en la isla de Gran Canaria, la gran mayoría de estas muelas son de 1,20 metros de diámetro (figura 21). En el resto de las islas solamente utilizan piedras peninsulares o alemanas.

Debemos señalar que una de las empresas tiene la fórmula para la elaboración de sus propias piedras. Es destacable también el hecho que de los 37 juegos de piedra de 1,10 m de diámetro, 29 de ellos son de origen alemán.

En la figura 22 se puede observar que la mayoría de las fábricas son industrias pequeñas, con poca capacidad de procesado, pues el 35 % de las fábricas poseen un molino y el 45 % de ellas tienen dos molinos. Solamente un pequeño porcentaje (20 %) de las industrias tienen tres, cuatro o cinco molinos, estas industrias coinciden con aquellas de mayor capacidad de producción, y que hacen uso de mayor tecnología en sus procesos de producción.

FIGURA 21
Características de las piedras utilizadas en los molinos de gofio de las Islas Canarias.

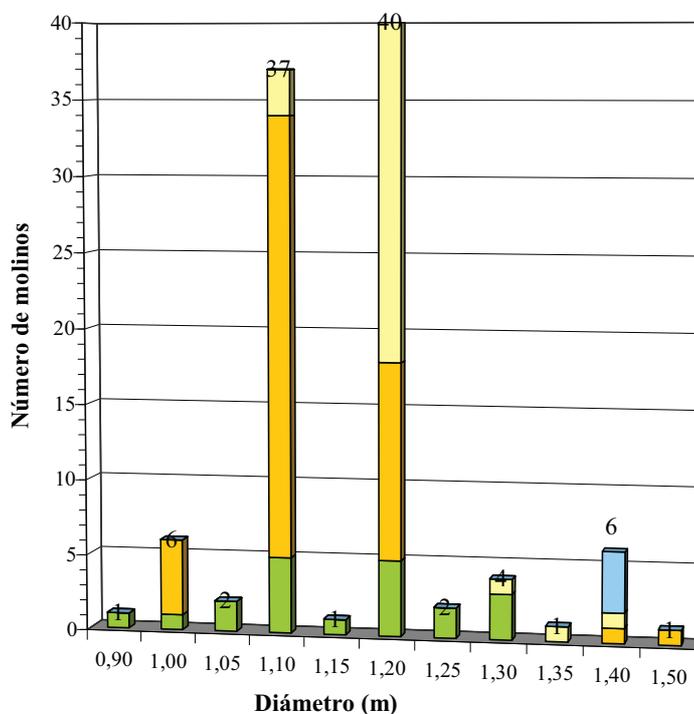
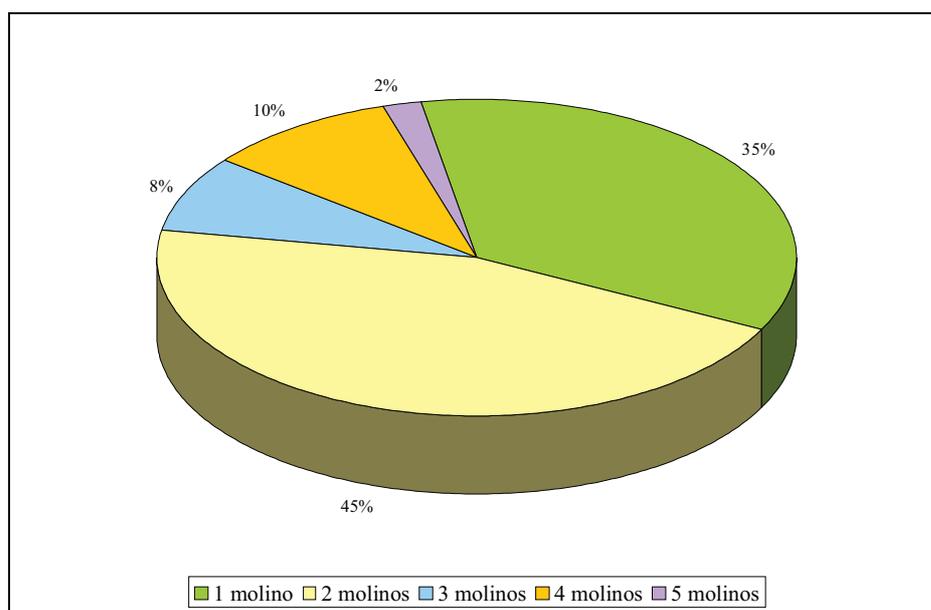


FIGURA 22
Número de molinos en activo en las fábricas productoras de gofio canario.



- Envasado

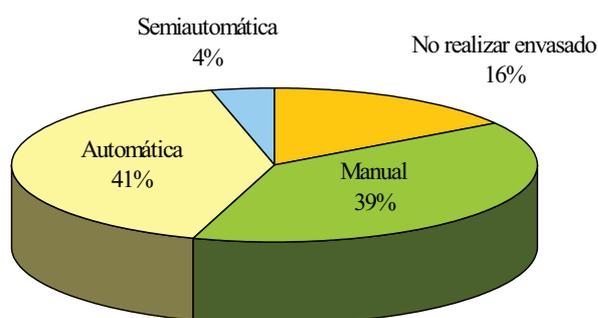
En el envasado de gofio para la distribución y venta al consumidor, el material utilizado es siempre el plástico transparente y flexible. Se utiliza el polietileno, sin embargo, cada vez son más las empresas que lo están sustituyendo por un envase de polipropileno que posee mayor rigidez y lo hace más resistente a roturas.

En algunas fábricas (8 de ellas), no se lleva a cabo el envasado en bolsas y la única venta que realizan es a granel al consumidor final, mediante cartuchos de papel, como se realizaba antaño.

Según se muestra en la figura 23 un 41 % de las industrias poseen envasadoras automáticas y un 4 % las tienen semiautomáticas. Destaca que el 39 % de las fábricas siguen realizando el llenado de las bolsas de manera manual, sobre una balanza realizándose posteriormente el cierre del envase mediante pequeños selladores manuales por termosoldadura.

FIGURA 23

Técnicas del envasado en las industrias productoras de gofio.

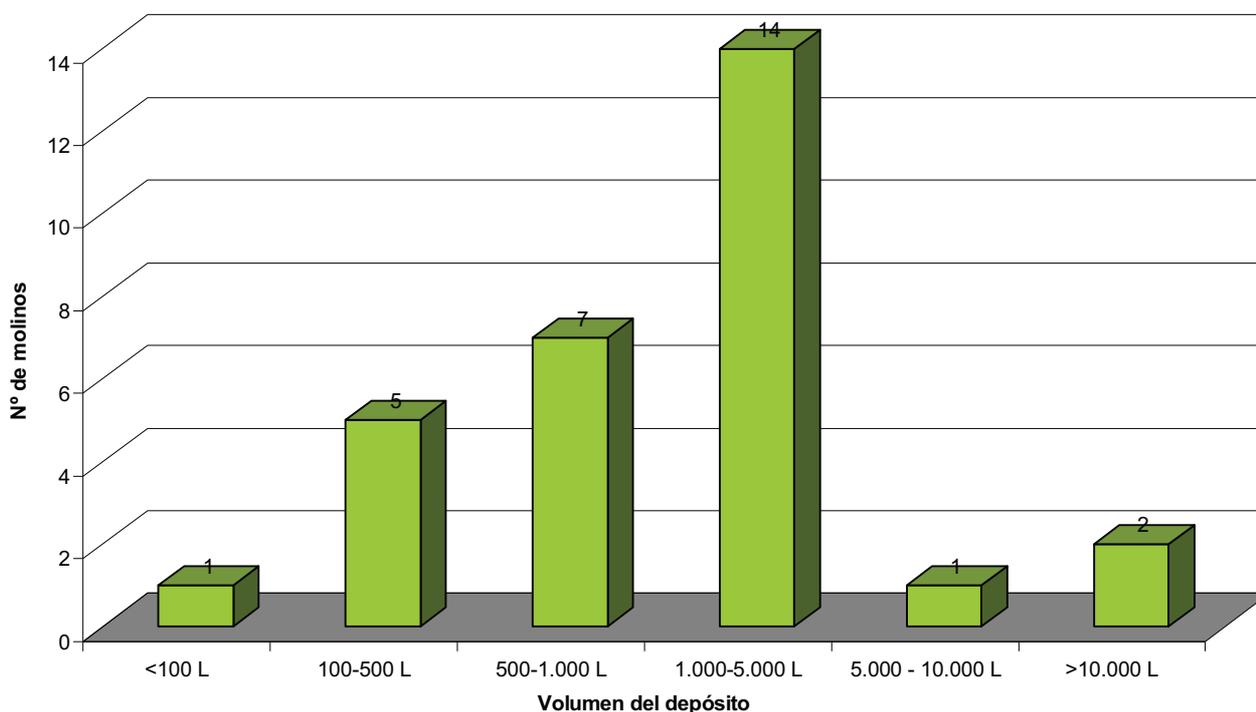


Este hecho manifiesta que la gran mayoría de las fábricas son pequeñas industrias artesanales cuyas ventas son escasas y donde quizás debido a los costes que supone la automatización del llenado, no les sea rentable la aplicación de esta maquinaria.

Otro aspecto que se tuvo en consideración fue la utilización de depósitos de combustible homologados, siendo solamente 18 industrias las que los poseen, ya que la gran mayoría de ellas poseen otros depósitos, destacando que 21 industrias hacen uso de bidones o garrafas como depósitos de combustible.

En la figura 24 se pueden observar los volúmenes de los depósitos de combustible que poseen las fábricas, solamente 2 de ellas poseen depósitos de más de 10000 L. Lo cual vuelve a poner de manifiesto la escasa capacidad de procesamiento de la mayoría de las empresas, toda vez que señala su escasa autonomía y la gran susceptibilidad a las variaciones de los precios del combustible.

FIGURA 24
Volumen de los depósitos de combustible utilizados.



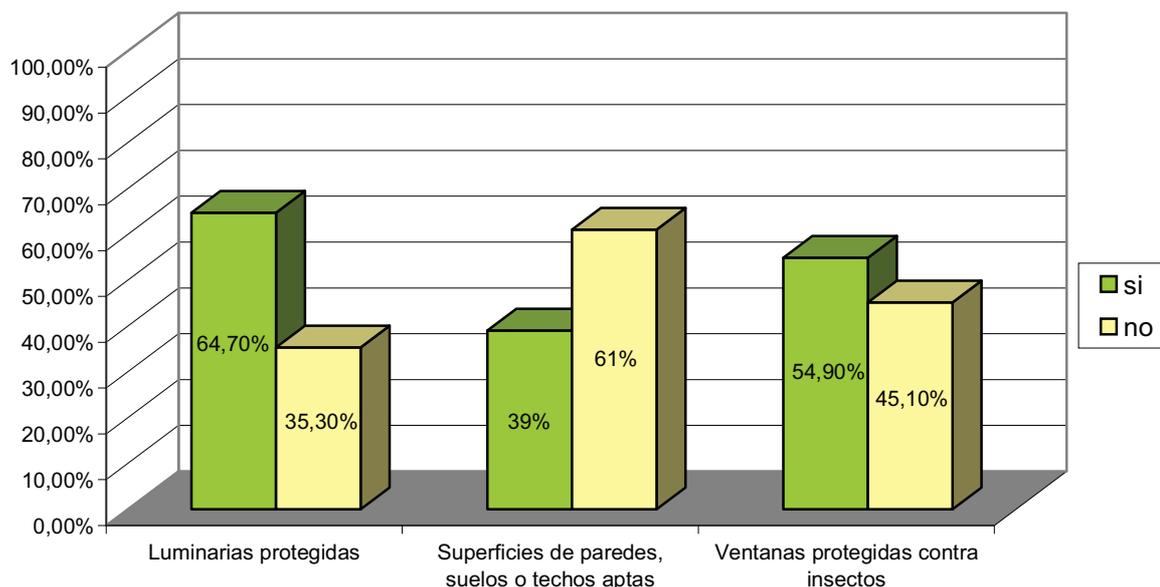
5.3. CONDICIONES HIGIÉNICO-SANITARIAS.

Como cabría esperar en cualquier sector alimentario con recursos económicos limitados, en muchas ocasiones se requiere la mejora de las condiciones higiénicas de los locales. No obstante, algunos empresarios, sobre todo los de pequeños molinos, no se preocupan por las especificaciones técnico-sanitarias hasta tanto no se les requiere la subsanación de las deficiencias, por parte de las autoridades sanitarias.

En la figura 25 se observa que existen deficiencias cuya corrección no requiere grandes costes, como no poseer luminarias protegidas con las correspondientes carcassas o no dotar a las ventanas de las debidas protecciones mediante mosquiteros. La existencia de estas deficiencias continúan siendo habituales en las industrias, observándose que todavía existe un 35,3 % y un 45,1% respectivamente, que las presentan.

Otro aspecto destacable es que el 61% de las industrias tienen alguna parte de las superficies del suelo, paredes o techos no aptas, pues no son lisas y lavables como señala la legislación horizontal en materia de higiene alimentaria. La subsanación de este último aspecto, en muchas ocasiones da lugar al cierre provisional de la empresa para acometer las reformas necesarias.

FIGURA 25
Características de los locales

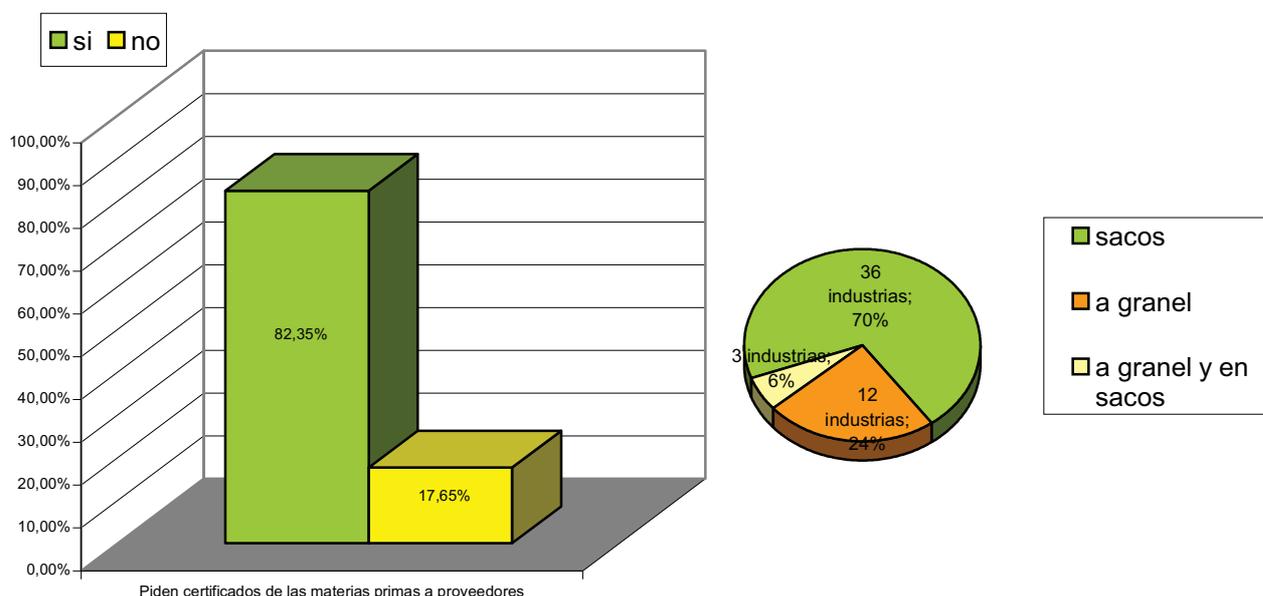


Se detectaron en 7 industrias con deficiencias en la ventilación, este aspecto es fundamental sobre todo en las zonas cercanas a las tostadoras, pues la falta de ventilación hace que la temperatura de los locales se incremente de forma alarmante. Igualmente en 8 industrias se detectó falta de luminosidad, aspecto básico que debe garantizarse en cualquier tipo de industria alimentaria.

El origen y las garantías de las materias primas constituyen una pieza fundamental en la higiene del producto final, ya que los cereales deben ser aptos para alimentación humana. Dentro de estas garantías, los aspectos que deben considerarse son los residuos de plaguicidas o productos utilizados para la conservación de los granos así como los metales pesados. En este sentido se deben diferenciar en origen, aquellos cereales que van destinados a la producción de alimentos para animales de los utilizados para la producción de alimentos de consumo humano, pues no todos los productos utilizados para su conservación están permitidos y las concentraciones de sustancias indeseables permitidas pudieran ser diferentes.

Otro aspecto no menos importante es la certificación que debe acompañar a las partidas de cereales que se adquieren para la elaboración de gofio, en relación con que no provengan o no de organismos modificados genéticamente, ya que si bien su uso está permitido, existe obligación de la mención correspondiente en la etiqueta del producto final.

FIGURA 26
Características de las materias primas.

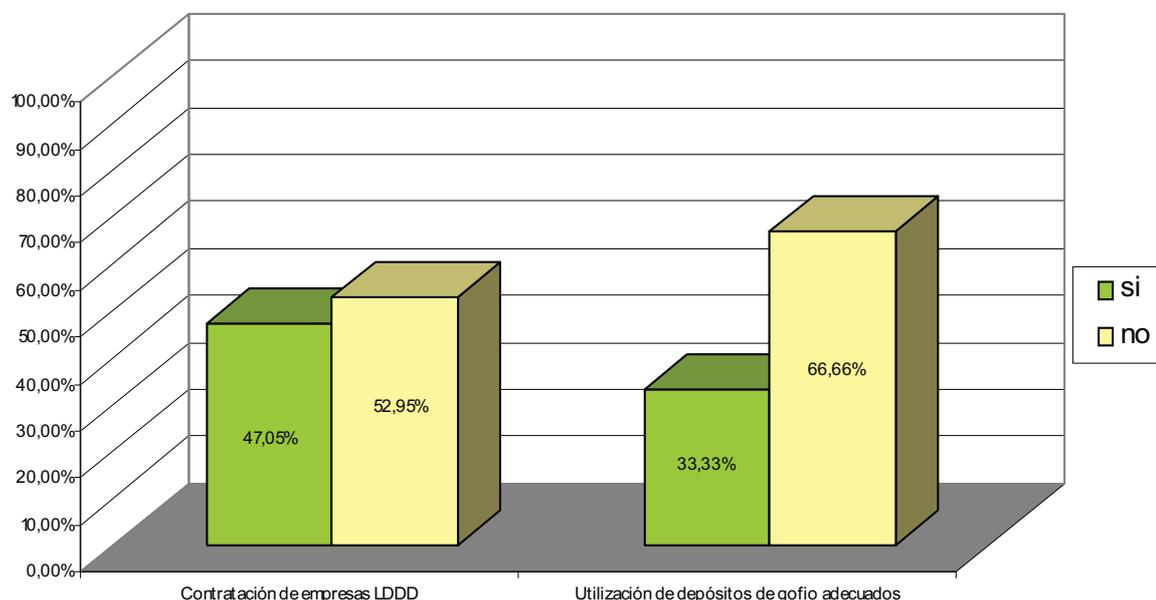


En la figura 26 se observan los aspectos relativos a las materias primas; el porcentaje de industrias que piden certificaciones de las calidades de los cereales, únicamente 82,3 % y la forma en la que llegan los mismos a las fábricas. En este último punto se evidencia el grado de dependencia que tienen las industrias con el proveedor pues solamente 3 industrias son las que consiguen todas sus materias primas a granel, lo que les permite obtener mayor poder de negociación con los proveedores al adquirir mayores cantidades.

En la figura 27 se representan los porcentajes de las industrias que contratan empresas que garantizan la limpieza, desinfección, desinsectación y desratización (LDDD) para la lucha contra vectores sanitarios, el resultado es que aproximadamente la mitad de las industrias no realizan este tipo de contratos. Aunque no queda señalado en el diagrama de barras, durante las visitas se detectaron animales superiores o rastros de ellos en 4 de las fábricas. Sobre este aspecto debemos tener en cuenta que su presencia es debida a la inexistencia de medidas de protección, no debemos olvidar que la industria del cereal es bastante atractiva para las distintas plagas, por lo que la lucha pasiva contra ellas es de vital importancia.

FIGURA 27

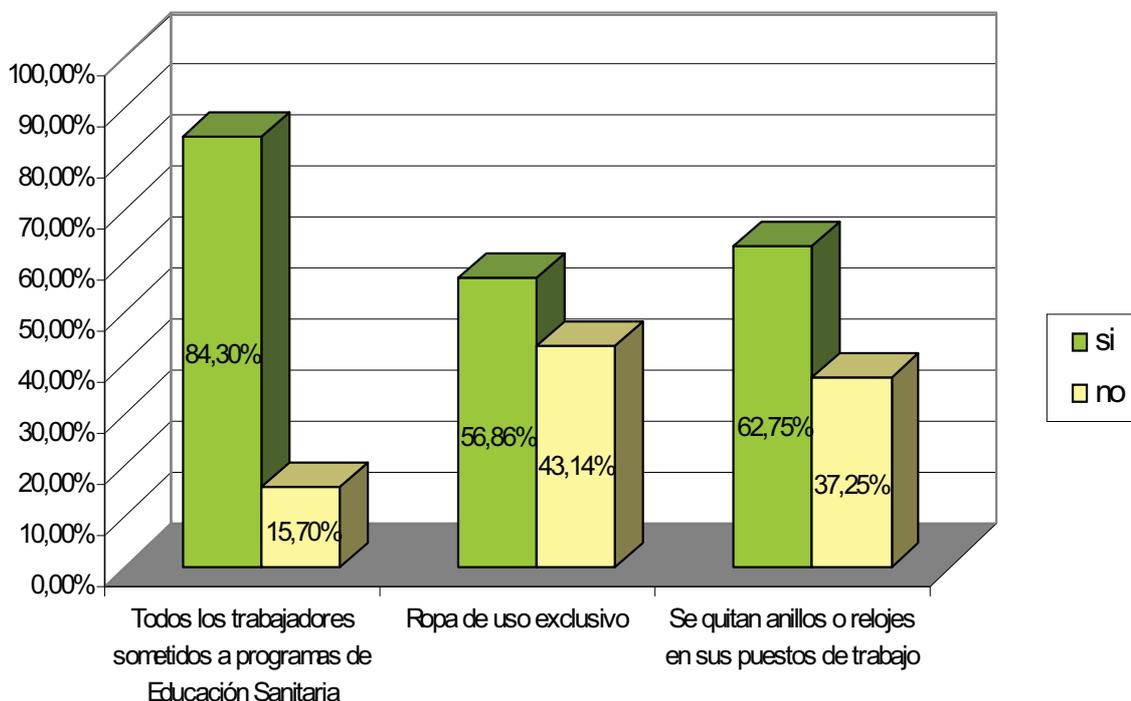
Porcentaje de industrias que contratan empresas para la LDDD, que utilizan depósitos de gofio de materiales aptos.



En la figura 27 se observan aquellas industrias que poseen depósitos para el gofio de materiales autorizados y como se realiza la distribución de sus productos, destacando que aproximadamente el 25% de las industrias no realizan ningún tipo de distribución, lo que pone de manifiesto la fidelidad de los clientes que acuden a la industria a adquirir el producto.

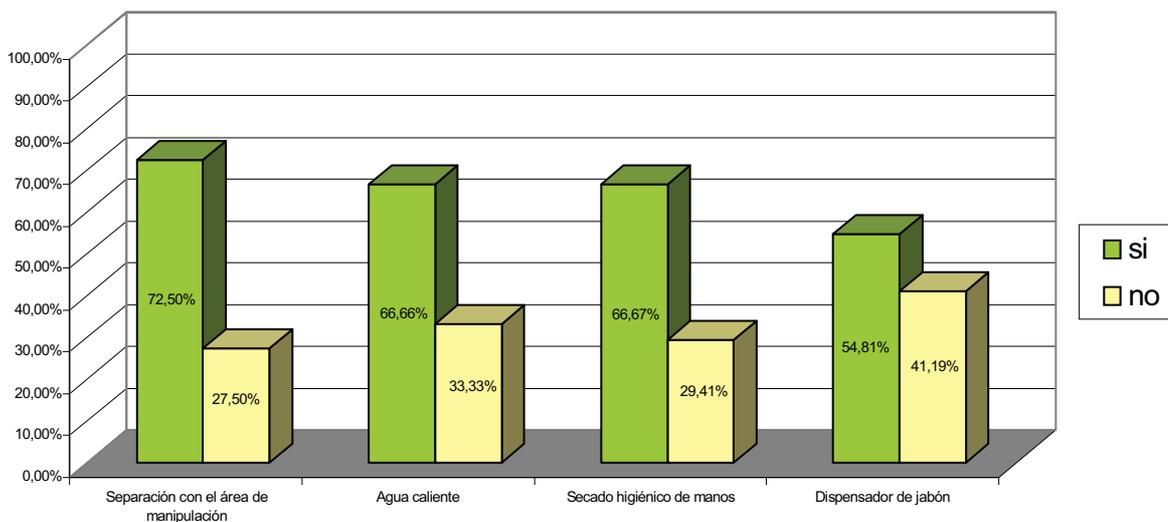
Otro de los grandes aspectos estudiados es el relativo a los manipuladores de alimentos, los resultados obtenidos están expresados en el diagrama de barras de la figura 28. En el momento de las visitas existía un 15,7% de las industrias que tenía algún miembro de su personal que carecía de la educación sanitaria específica. Si bien sigue siendo un porcentaje alto el personal que no posee acreditación de haber adquirido la educación sanitaria obligatoria, se debe destacar que existen unos porcentajes elevados de industrias en las que se ha detectado que el personal no hace uso de ropa de uso exclusivo para el trabajo o que ejercen su actividad sin quitarse anillos, relojes, etc. Este hecho pone en evidencia la ineficacia los cursos de manipuladores de alimentos pues, se quedan en una cuestión burocrática que se exige y únicamente basta con poseer la correspondiente acreditación no siendo efectivos si el empresario no impone el cumplimiento de las actuaciones a los operarios de las fábricas.

FIGURA 28
Condiciones de los manipuladores de alimentos.



Una de las obligaciones de todas las industrias alimentarias es que existan baños adecuados y debidamente separados mediante, como mínimo un vestíbulo; éstos deben estar dotados de agua caliente y fría, secado higiénico de manos mediante secador de aire o toallas de papel de un solo uso, y dispensador de jabón líquido, el porcentaje de industrias que cumplen estos requisitos se indica en la en la figura 29, añadiendo al respecto que dos industrias no poseen baños, haciendo uso de locales de uso público cercanos, o bien del baño de la vivienda del propietario anexa a la industria.

FIGURA 29
Características de los baños.



5.4. ESTUDIO DEL ETIQUETADO.

En este apartado se expondrán los resultados según los parámetros tenidos en cuenta, considerando las menciones a que se hacen referencia en el etiquetado, tal y como está establecido en el apartado *material y métodos*.

La denominación de venta de este producto alimenticio es “gofio” pero lo habitual es que esta denominación se encuentre seguida del cereal utilizado para su elaboración. En el caso de los gofios de varios cereales, se utiliza “gofio de cereales” o “gofio de *n* cereales” siendo *n* el número de cereales utilizados y que posteriormente deben señalarse, por orden de las masas utilizadas, en la lista de ingredientes. En cuanto a este aspecto, solamente 3 envases de los estudiados no cumplen con tal prescripción, ya que no indican en ningún momento que el contenido del envase es gofio.

En la lista de ingredientes deberá indicarse obligatoriamente si el gofio se ha obtenido a partir de varios cereales, o bien, sí se le ha añadido sal. Un 26% de los envases no realiza correctamente la mención de ingredientes, ya que utilizan la palabra “*Composición*” o bien, no utilizan la palabra “*ingredientes*” para encabezar el listado de los mismos. Los envases que contienen gofio elaborado con un solo cereal fueron 97 destacando que 4 de ellos tienen la obligación de declarar lista de ingredientes pues señalan la adición de sal en cualquier otro lugar del etiquetado.

El contenido neto de los envases debe en el momento del estudio debía ajustarse a aquellos obligados por el Real Decreto 1472/1989, el cual solamente permitía utilizar envases de 250, 375, 500, 750, 1000, 2000 gramos (recientemente esa norma fue derogada por el Real Decreto 1801/2008, de 3 de noviembre, por el que se establecen normas relativas a las cantidades nominales para productos envasados y al control de su contenido efectivo). Los contenidos netos más utilizados fueron el de 1 Kg, ya que solamente se estudió un envase de 250 g y 9 envases cuyo contenido era de 500 g. Un 6,1% de los envases estudiados no se ajustaban a tales contenidos y envasan cantidades, los cuales indican, contenidos cercanos a los legislados y que en todo caso son susceptibles de originar en el mercado una competencia desleal.

Otros aspectos tenidos en cuenta han sido si las unidades del contenido se han indicado correctamente, tanto cuando se indican en gramos (g) como en kilogramos (Kg). También se verificó si el tamaño de los números corresponden con el indicado en la normativa legal. Teniendo en cuenta estos dos aspectos comentados se ha observado que el 71% de los envases estudiados cumplen ambos parámetros y que un 29% de ellos no los cumple, incluyendo en este porcentaje, tanto los que fallan en ambos aspectos como los que fallan en uno sólo.

Asimismo, y si bien no es imperativo legal, ninguno de los envases estudiados tiene marcada la letra “e” que diferencia aquellas empresas que realizan el control del contenido efectivo de los envases según disponía el Real Decreto 723/1988, de 24 de junio, por el que se aprobaba la norma general para el control del contenido efectivo de los productos alimenticios envasados, recientemente derogada por el Real Decreto 1801/2008, de 3 de noviembre.

El 63% de los envases estudiados realiza alguna indicación referente a la conservación del producto, sin embargo, ninguno realiza la mención tal y como está dispuesto en el Real Decreto 1286/1984, que regula los derivados del trigo; “*Consérvese en sitio seco y aislado del suelo*”.

En cuanto al marcado de fechas de duración mínima, el gofio se debe acoger a la mención de “*consumir preferentemente antes de fin de*” indicando posteriormente el mes y el año. El mes se podrá indicar con el nombre, con 3 letras o bien con 2 dígitos (01-12) y el año se indicará con 4 cifras o con las dos últimas. Cuando el mes no se exprese con letras, las cifras deberán estar separadas del año por un espacio, un punto o un guión. Asimismo, el marcado de fechas podrá también expresarse con los términos “*consumir preferentemente antes de*” indicando en este caso el día, con dos cifras, mes y año en cifras o letras, tal y como se contempla para el caso anterior. Estos dos aspectos, que a priori parecen tan básicos, se incumplen por gran cantidad de empresas productoras debiendo destacar que solamente un 51% de los envases estudiados mencionan correctamente la leyenda y que un 49% lo hacen de forma incorrecta. Por otra parte, el 65% de los envases estudiados indica la fecha de forma correcta frente al 35% restante que no lo hace.

El lote se encuentra regulado por el Real Decreto 1808/1991, de 13 de diciembre, y su indicación es obligatoria; no obstante este podrá ser sustituido por alguna marca que el fabricante determine y que pueda identificar cada lote de producción. Del mismo modo, se podrá dejar de indicar cuando el fabricante señale el día, mes y año de caducidad claramente y en orden. El 77,3% de los envases estudiados no cumplen lo especificado anteriormente referente a la señalización del día de caducidad y solamente un 37,5% poseen, o bien el lote o bien cualquier otra señalización que lo identifica.

El país de procedencia, en nuestro caso el lugar de origen del producto fabricado, está bien indicado en la gran mayoría de los envases y solamente 6 de las bolsas estudiadas no lo indican correctamente o lo omiten.

También es una mención obligatoria la identificación correcta de la empresa que deberá contar con el nombre, razón social, denominación del fabricante, domicilio y el Registro General Sanitario. Estas indicaciones se cumplen en el 93,4% de los envases estudiados, sin embargo aproximadamente un 6% de ellos difieren de lo dispuesto en la normativa de aplicación.

Merecen especial atención los aspectos relacionados con la información nutricional, debemos indicar que ésta, para todos los productos alimenticios, es facultativa y solamente existe obligación de indicarla cuando en la etiqueta, la presentación o la publicidad, excluidas las campañas publicitarias relativas a productos genéricos, figure la mención de que el producto posee propiedades nutritivas.

En el gofio, la mayoría de las empresas utilizan como reclamo de venta las características nutricionales del producto, ya que al ser un producto obtenido del cereales enteros posee unas interesantes propiedades nutritivas. No obstante, a pesar de que el sector muestra gran interés por este aspecto, no existe ninguna empresa que mencione en sus etiquetas este aspecto de forma totalmente correcta lo referente a propiedades nutritivas. Existen 11 envases de gofio que realizan importantes alegaciones nutricionales y que no señalan las propiedades nutricionales según lo dispuesto en la normativa.

El primer aspecto que se tuvo en consideración a la hora de verificar el cumplimiento fue la leyenda a la que se refieren los valores indicados, debiendo referirse a 100g de producto e indicando adecuadamente la unidad. El 61% de los gofios que realizan el análisis nutricional (87 envases) mencionan la leyenda de forma incorrecta, y solamente el 39% lo realizan adecuadamente. De los 87 envases solamente 11 se acogen al grupo 1 (valor energético, proteínas, hidratos de carbono

y grasas) y los 77 restantes se acogen al grupo 2 donde se incluyen otros nutrientes como fibra alimentaria, grasas saturadas y sodio. Pero lo realmente significativo es que la totalidad de los envases, de ambos grupos, realizan las especificaciones de los nutrientes de forma incorrecta; expresan incorrectamente las unidades o no las utilizan; no hacen referencia a porcentajes de las Cantidades Diarias Recomendadas en el caso de vitaminas y minerales, faltan nutrientes que deben ser mencionados, etc.

Aunque no se encuentre estipulado por ninguna de las normativas tenidas en cuenta, relativas al etiquetado de productos alimenticios, y considerando que no es obligatorio legalmente, hemos observado aquellos envases que presentan código de barras y cuáles carecen de él. El resultado obtenido es que el 88% de los envases estudiados tienen código de barras, lo que nos indica que las industrias han tenido que incorporar este dispositivo, cada vez más solicitado por los clientes, para poder comercializar sus productos en establecimientos de autoservicio que poseen el correspondiente lector para realizar el cobro.

También se ha observado la presencia del punto verde indicativo de que la empresa está acogida al sistema integrado de residuos de envases, en este sentido se observó que un 42,7% de los envases carecen del símbolo y que el 57,3% si lo tienen indicado.

5.5. IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA APPCC.

5.5.1. EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES GENERALES DE HIGIENE O PRERREQUISITOS A LA IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA.

En la figura 30, se exponen los requisitos evaluados en la industria molinera previo a la implantación de APPCC y de los que podemos destacar los siguientes resultados:

- Uno de los requisitos evaluados fueron las condiciones de los pavimentos, analizando la necesidad de cambios en los materiales de los suelos, paredes y techos de las industrias, requiriéndose modificaciones como pintar, repavimentar, etc.

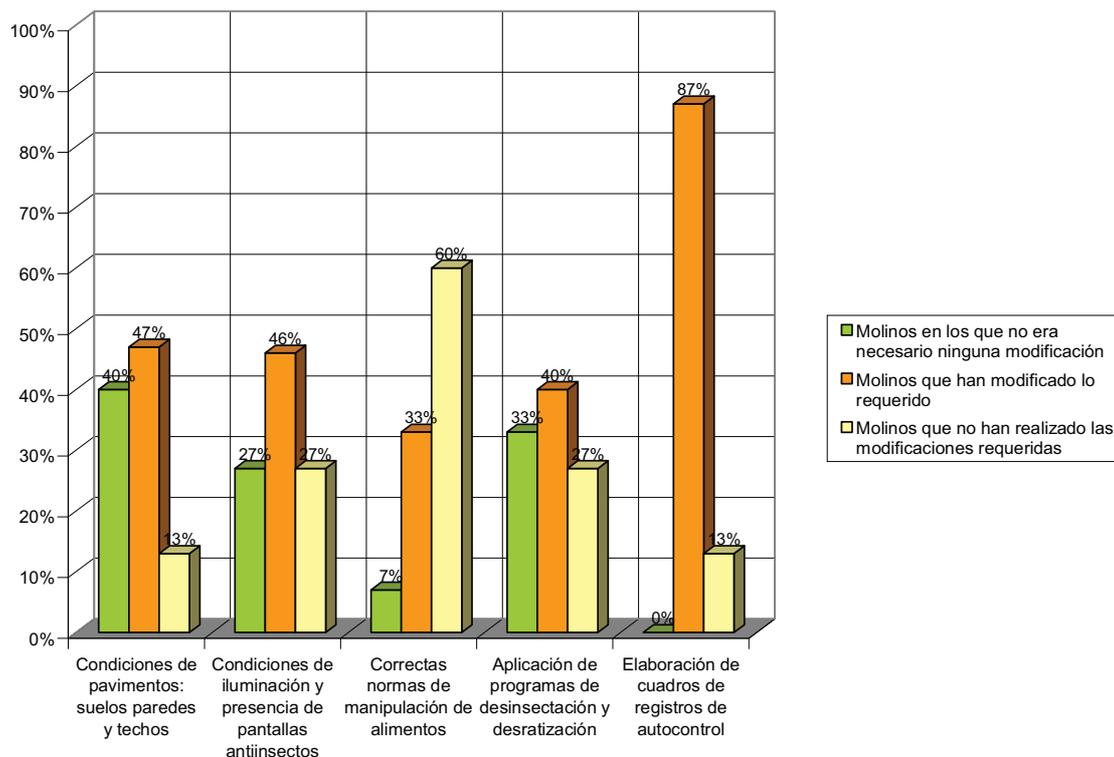
Se observa que prácticamente la mitad de los molinos evaluados han realizado las modificaciones propuestas en sus instalaciones después de la intervención, mientras que el 13 % de ellos (que equivale a 2 molinos) siguen sin aplicar las medidas necesarias después de la actuación.

- Se han valorado conjuntamente las adecuadas condiciones de luminosidad (luz artificial y/o natural) y la presencia de pantallas antiinsectos en ventanas.

El 46% de las industrias se han ajustado a las correctas condiciones una vez implantado el APPCC, aunque destaca el elevado porcentaje (27%) de molinos que siguen sin aplicar dichas medidas una vez implantado el sistema.

FIGURA 30

Evaluación de las condiciones generales o prerequisites a la implantación del sistema



- El siguiente parámetro evaluado fue el cumplimiento de las correctas normas de manipulación de alimentos: utilización de vestuario adecuado, hacer uso de anillos, pulseras o cualquier otro objeto personal que evite la correcta higienización de las manos así como la detección de hábitos insalubres como; comer, fumar o toser que puedan contaminar los alimentos.

Cabe destacar el número de industrias que siguen sin cumplir las correctas normas de manipulación del alimento (9 molinos), aunque hay que decir que la mayoría de ellas cumplen las principales medidas de higiene, aunque gran parte de ellas carecen de vestuario apropiado para tal función.

- La contratación de una empresa responsable de garantizar los programas de desinfección, desinsectación y desratización también se ha considerado y a la vista de los resultados se observa que la mayoría de los molinos poseen programas de desinsectación y desratización garantizados por una empresa que se responsabiliza del mantenimiento de los mismos, aunque la mayor parte de ellos (40%) lo aplicaron después de la implantación del APPCC.
- Por último, se evaluó la realización de registros en cada una de las fases de elaboración que permitan en todo momento llevar un control de lo sucedido en la industria. De la misma manera se creará un registro que garantice el correcto cumplimiento de los programas de limpieza y

desinfección, tanto de las zonas del inmueble como de la maquinaria que así lo requiera.

5.5.2. IMPLANTACIÓN DEL APPCC Y EVALUACIÓN.

El gofio se caracteriza por ser un alimento bastante seguro dada su baja actividad de agua, además, la humedad de la materia prima y en los productos intermedios (grano tostado) también es baja, por lo que no se favorece el crecimiento microbiano. Por ello, realizando una buena manipulación industrial y disminuyendo los plazos desde que se tuesta el cereal, hasta que se envasa el producto, el riesgo para el consumidor final es muy bajo.

Los parámetros observados en cada una de las fases de elaboración, fueron aquellos que llevando un control, le proporcionan al producto final las mayores garantías de inocuidad. Se contabilizaron el número de molinos que aplicaban el control en los puntos que consideramos críticos, aquellos que llevaron el control después de la implantación y el número de industrias que una vez implantado el APPCC no tuvieron en cuenta las modificaciones sugeridas. El diagrama de flujo (figura 5 de la página 14) nos describe el proceso de producción desde la recepción de la materia prima hasta la expedición del producto elaborado.

Para un mejor análisis de la implantación del APPCC en el proceso de producción estudiaremos cada una de las fases y los puntos de control críticos (PCC), señalando aquellos puntos de interés para evaluar su implantación.

I. Recepción del cereal.

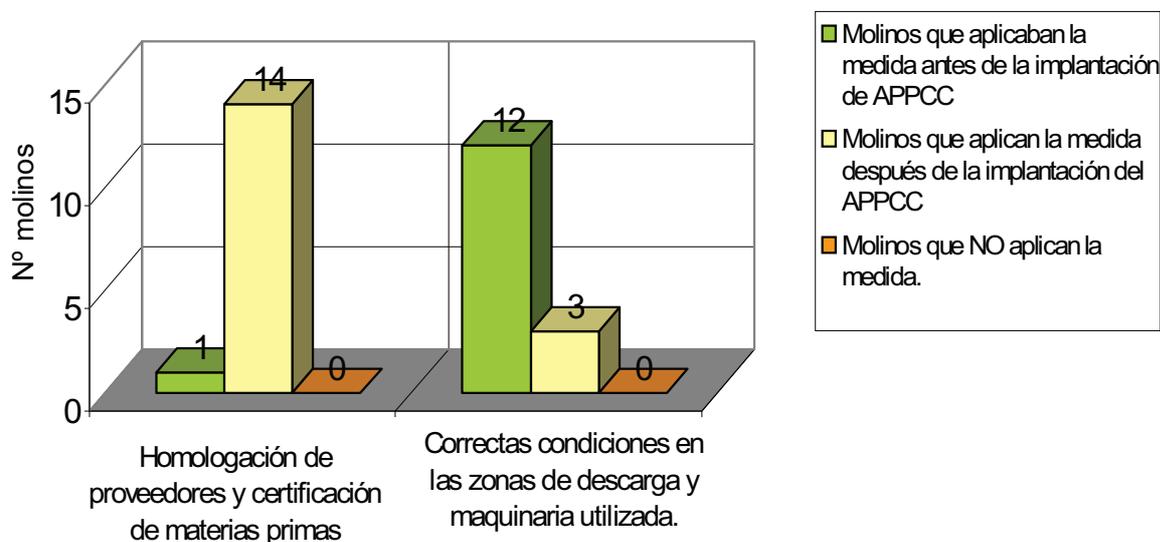
Todas las materias primas llegan al molino en sacos plásticos o de yute y a granel siendo transportada en furgones o camiones, generalmente de la propia empresa proveedora.

El mayor riesgo que presenta esta fase es la alteración o contaminación de naturaleza química, física o biológica de la materia prima, por lo que los “límites críticos” aplicados deben ser el cumplimiento de las especificaciones tanto físicas, químicas como biológicas que están fijadas en el contrato con el proveedor.

Los parámetros a tener en cuenta en esta fase son fundamentalmente dos: homologación de los proveedores (a la vez que se obliga a los mismos a certificar la materia prima que venden) y correctas condiciones higiénicas en las zonas de descarga así como de la maquinaria utilizada en dicho proceso.

De la figura 31, destacamos que 14 molinos piden certificación después de la implantación del APPCC. En cuanto a las condiciones de las zonas, un gran número de industrias las poseían adecuadamente, sin necesidad de corregirlas. En ambas medidas, cabe destacar que no hay ninguna industria que no las haya aplicado.

FIGURA 31
Parámetros evaluados en la recepción del cereal.



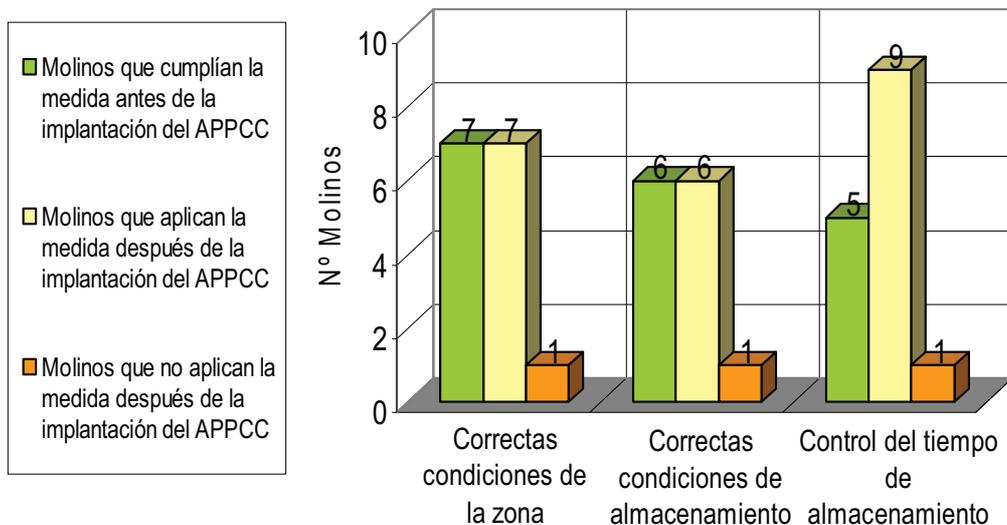
II. Almacenamiento del cereal.

Los cereales, cuando llegan a la industria en sacos se deberán almacenar en un local apilados sobre palets, manteniéndose siempre separados del suelo y paredes del almacén. En caso de que el cereal llegue a granel, este deberá ser almacenado en silos o depósitos que eviten su deterioro y realizados de materiales idóneos. Los posibles riesgos que se pueden presentar en esta fase son los derivados de un almacenamiento en condiciones higiénico-sanitarias incorrectas, que pudieran favorecer el desarrollo de microorganismos y plagas.

Los parámetros considerados son: el correcto apilamiento de los sacos (13 molinos almacenan la materia prima en sacos) y condiciones higiénico-sanitarias óptimas para el almacenamiento. Por tanto, se valorarán las correctas condiciones de las zonas destinadas a ese fin, las condiciones de almacenamiento (separación de los sacos del suelo y paredes evitando colocar otras sustancias o útiles encima de ellos) y el control de los tiempos de almacenamiento.

Como se observa en la figura 32, prácticamente todos los molinos han aplicado las distintas medidas que esta fase requiere, solamente un molino, en cada una de ellas, no las ha llevado a cabo. Destacar que 9 industrias han realizado un control de los tiempos de almacenamiento, aplicando una reducción de los mismos, y en cuanto a las condiciones de almacenamiento, solamente se realizó la evaluación en 13 industrias, ya que éstas son las que utilizan sacos en el almacenamiento.

FIGURA 32
Medidas evaluadas en el almacenamiento del cereal.



III. Primera limpieza.

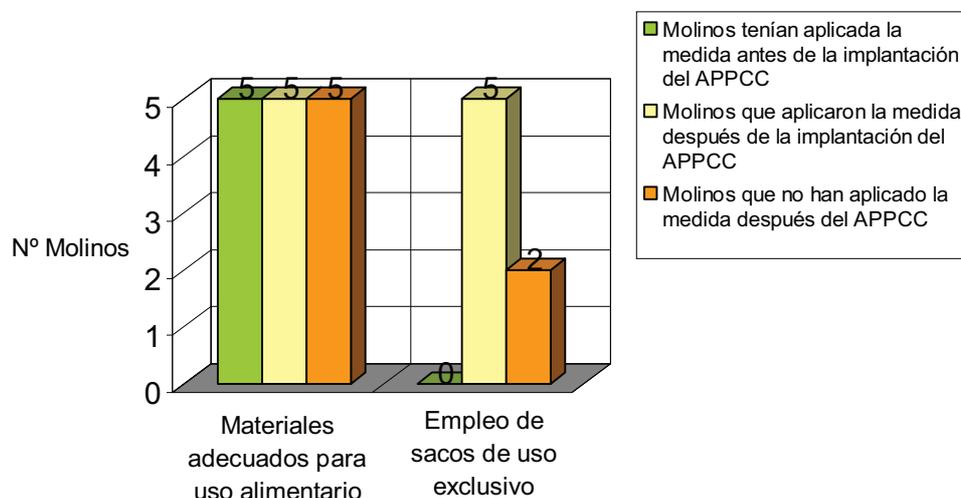
En el proceso de elaboración del gofio el cereal es sometido como mínimo a una limpieza antes de ser tostado, existiendo industrias que realizan una segunda limpieza previa a la molturación y después del tostado, sea cual sea el caso, las medidas que se deben de aplicar son similares.

La primera limpieza es el inicio de la manipulación a la que se somete el cereal en el proceso de elaboración. Para ello, se utilizan limpiadoras mecánicas cuyo mecanismo esta basado en la tamización (cribas con distintos tamaños de luz de malla en función del cereal que se limpia) o bien, manualmente, mediante una cernidera o zaranda.

El mayor riesgo en esta fase se encuentra en la posible contaminación del cereal, ya sea por unas incorrectas prácticas higiénicas o por disminución de la efectividad del proceso. Por ello, es necesario que se adopten una serie de medidas tales como: la utilización de materiales adecuados en la maquinaria y/o útiles empleados, cuartillas, etc. Asimismo los sacos deben ser de uso exclusivo o someterlos a un programa de limpieza adecuado para la recogida del cereal. En la figura 33 se evalúa la aplicación de estas medidas.

De los 7 molinos que recogen el cereal limpio en sacos, 5 de ellos han utilizado sacos de uso exclusivo, o bien, sometidos a un adecuado plan de limpieza, después de la implantación del APPCC, mientras que los otros 2 molinos siguen sin aplicar esta medida. En lo que respecta a los materiales de la maquinaria o útiles, se observa que después de la implantación del APPCC, 5 de ellos han cambiado de materiales y otros 5 siguen sin hacerlo, solamente 5 molinos ya poseían materiales adecuados.

FIGURA 33
Parámetros estudiados en la limpieza del cereal



IV. Tueste del cereal.

Debemos tener en cuenta la importante función que ejerce el tostado desde el punto de vista de la seguridad alimentaria, al transmitirle las suficientes garantías de inocuidad. El interior de la tostadora se encuentra a una temperatura de más de 150°, por lo que constituye un procedimiento excelente para eliminar los microorganismos existentes en la materia prima.

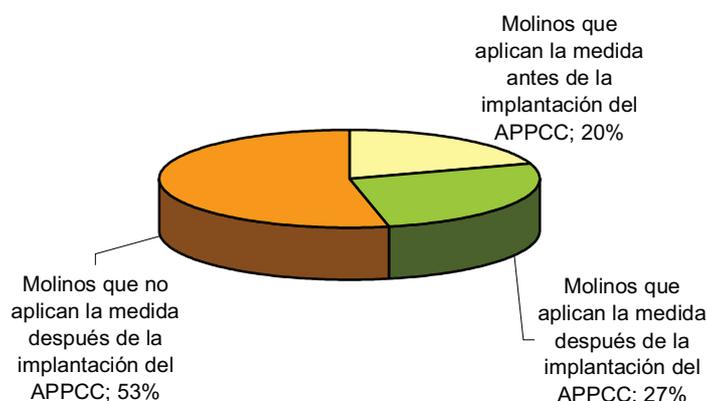
Los cereales limpios llegan a las tolvas de las tostadoras mediante canalizaciones. En los molinos más tradicionales se utilizan sacos o cuartillas que son llevados y descargados manualmente. Una vez que los cereales salen de la tostadora se recogen con la ayuda de cuartillas (pequeñas cajas de madera, generalmente forradas internamente por una lámina de acero inoxidable) para posteriormente, verter el cereal tostado en sacos limpios o en el interior de las "cajas de enfriamiento".

El parámetro que se debería de tener en cuenta es la temperatura del tueste, pero en la elaboración del gofio es necesario siempre llegar a temperaturas altas ya que si no fuese así, el cereal no se tuesta y después del molturado no daría lugar a gofio. Por lo tanto, solamente valoramos posibles contaminaciones por restos de materiales de maquinaria y/o cuartillas en mal estado o deterioradas por su uso prolongado. Además, se podrían producir alteraciones organolépticas si el tiempo de tostado se excede o si se produce contaminación por la acumulación de humo en el interior de la tostadora.

La utilización de materiales aptos para industrias alimentarias tanto en la maquinaria como en los útiles, es la medida a evaluar tras la implantación del APPCC.

FIGURA 34

Evaluación de materiales aptos para el tueste del cereal



En el tueste de los cereales, un poco más de la mitad (53%) de los molinos evaluados no cumplen con la utilización de materiales aptos (maquinaria o útiles) para la industria alimentaria, siendo, la otra mitad, los que sí los utilizan, entre los que hay un 27% de los mismos que lo aplicaron después de la implantación del APPCC, tal y como se observa en la figura 34.

V. Almacenamiento del cereal tostado y enfriamiento.

Antes de someter el cereal tostado a la molturación, tiene lugar su almacenamiento con el fin de que baje la temperatura y evitar la combustión en el interior del molino. El enfriamiento se suele realizar a temperatura ambiente, en el interior de depósitos o en sacos.

Es fundamental en esta fase que las zonas utilizadas sean higiénicas y las condiciones de almacenamiento correctas; sacos separados de suelos y paredes y alejados de aquello que pueda originar contaminaciones cruzadas. Los materiales de los depósitos deben ser los autorizados (existen 10 molinos que llevan a cabo este proceso en depósitos), así como el uso exclusivo de los sacos o sometidos a un adecuado plan de limpieza en aquellos molinos que los utilicen (7 molinos emplean los sacos para el enfriamiento del cereal). Otro aspecto a valorar y cuantificar es la importancia que tiene el control del tiempo de enfriamiento, ya que según los tiempos invertidos en los demás procesos habrá que ajustar el tiempo de almacenamiento del cereal tostado, para lograr un máximo aproximado de 5 días desde que el cereal es tostado hasta que se envasa el alimento.

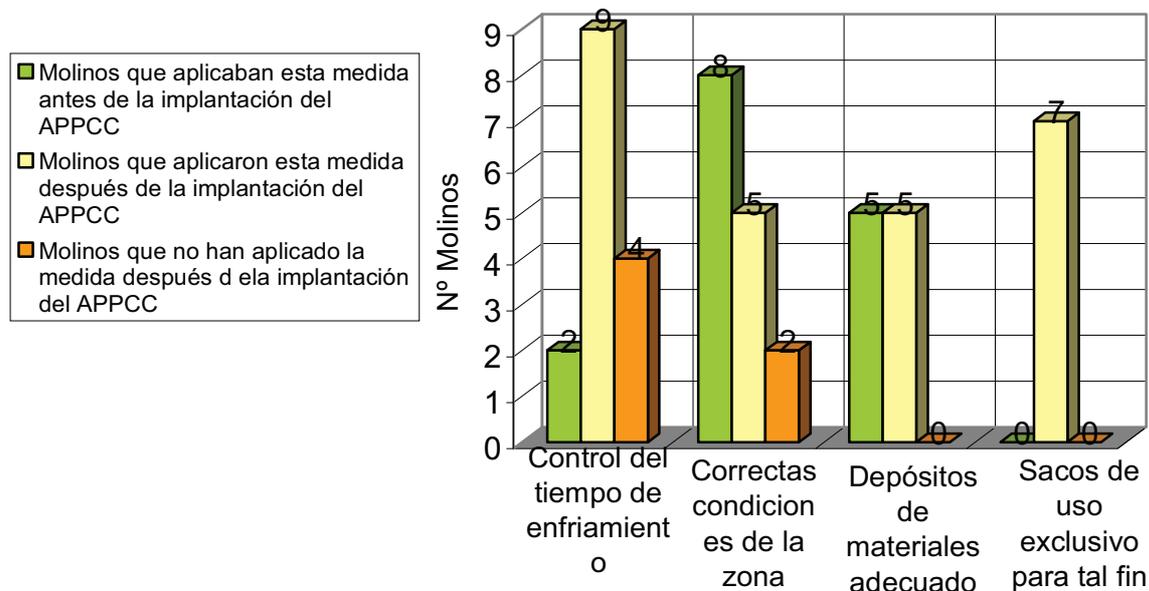
En la figura 35 se observa que en cuanto al control de tiempos de enfriamiento nueve de los molinos, han necesitado la implantación del APPCC para aplicar una reducción de los mismos, quedando cuatro de ellos que siguen sin aplicarlo. Las condiciones de la zona donde se lleva a cabo dicho proceso, son correctas en 13 de los 15 molinos, siendo 5 las industrias que tuvieron que cambiar sus condiciones higiénicas después de la implantación del análisis.

Existen 7 industrias que realizan el enfriamiento del cereal en sacos y la totalidad de ellas emplean sacos sometidos a programas de lavado adecuados, o de uso exclusivo, después de la implantación del APPCC, mientras que de los 10

molinos que utilizan depósitos, la mitad poseían materiales adecuados antes de nuestra intervención y la otra mitad después.

FIGURA 35

Parámetros evaluados en el almacenamiento del cereal tostado y enfriamiento.



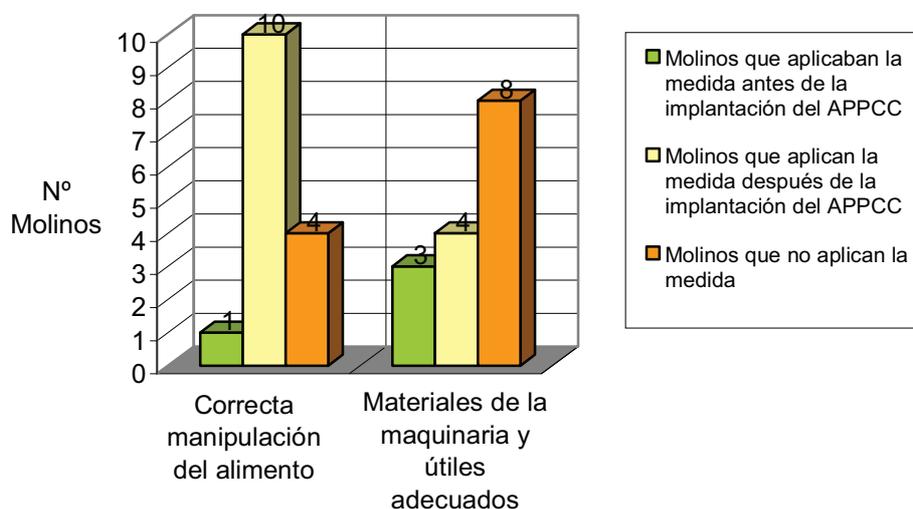
VI. Molienda del cereal.

Esta tecnología requiere una puesta a punto periódica que consiste en el picado manual de cada una de las muelas de piedra. Esta operación es primordial para la adecuada molturación del cereal, pero también, podría constituir un riesgo de aparición de restos de piedra en el gofio.

El control permanente del trabajo del molino se lleva a cabo por el maestro molinero de una forma manual, mediante el tacto del gofio a la salida del molino. Este control, al igual que la manipulación del alimento, se debe realizar con las suficientes medidas higiénicas. Aparte de lo expuesto, otra medida a evaluar en esta fase es la aptitud de los materiales de los útiles (palas, varillas, etc.) que se emplean y de las partes del molino que se encuentran en contacto con el alimento, puesto que en ocasiones se utilizan materiales, que como la madera son difíciles de higienizar.

En lo que respecta a las correctas normas de manipulación del alimento se observa en la figura 36, que la mayoría de los molinos han aplicado estas medidas después de la implantación del APPCC, aunque el aspecto negativo es que 4 de ellos siguen sin aplicarlas, incluso después de dicha implantación 8 molinos, después de las visitas, siguen manteniendo materiales, ya sea de la maquinaria o de los útiles, que no son los adecuados, mientras que los demás, si poseen materiales aptos, unos antes de la implantación del APPCC (3 molinos) y otros después (4 molinos).

FIGURA 36
Medidas evaluadas en la molienda



VII. Almacenamiento de gofio.

A la salida del gofio del molino, éste se recoge en sacos de uso alimentario, perfectamente limpios y de un solo uso o en contenedores móviles, de acero inoxidable, que se desplazan hasta la salida del molino.

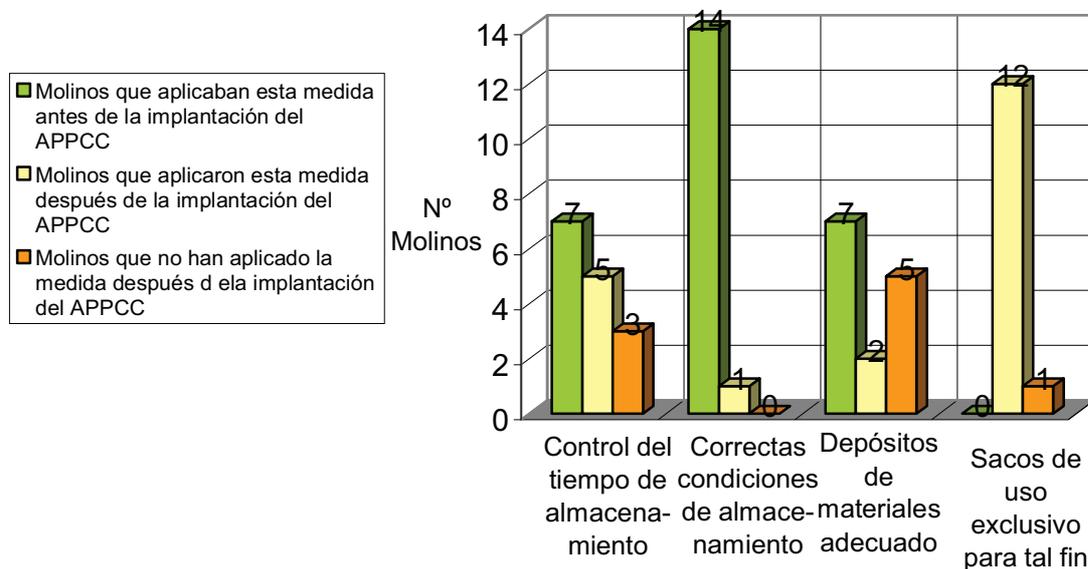
La contaminación biológica es el mayor riesgo que puede alterar la calidad del producto en esta fase; para ello, se evaluará la implantación de una serie de medidas como son; correctas condiciones de almacenamiento, utilización de sacos de uso exclusivo y aptitud para estar en contacto con alimentos. El almacenamiento del gofio se realiza en 13 molinos mediante sacos y en 14 de ellos utilizando depósitos. Además se ha tenido en cuenta el control del tiempo de almacenamiento, que dependiendo del empleado en otras fases se tendrá o no que reducir.

El control de los tiempos de almacenamiento de gofio ha sido una medida que la han aplicado 5 molinos después de la implantación del análisis, existiendo 7 industrias que ya tenían en cuenta este parámetro antes de nuestra intervención. Destaca que, excepto en un molino que no hizo falta intervenir, se han tenido que corregir las condiciones de higiene en esta fase de producción.

En la figura 37 se observa que los depósitos donde se almacena el gofio son de materiales adecuados en 9 de los 14 que lo almacenan en ellos, teniendo 7 de ellos estas condiciones previamente. Los 2 restantes, han cambiado los depósitos, después de la aplicación del APPCC, sin embargo, el resto de los molinos, es decir, 5 no poseen depósitos adecuados.

Dentro de las industrias que almacenan el gofio en sacos, sólo uno de ellos no utiliza sacos de uso exclusivo, mientras que las demás, utilizan sacos exclusivos o los someten a programas de lavado adecuado después de la implantación del APPCC.

FIGURA 37
Parámetros tenidos en cuenta en el almacenamiento de gofio



VIII. Expedición del gofio.

La expedición del gofio puede ser:

- En el mostrador de la industria; donde el se encuentra almacenado en depósitos y por medio de una pala, se introduce manualmente en una bolsa, en el momento de la venta al consumidor final.
- Envasado en plásticos mediante una envasadora (automática o semiautomática) o manualmente por termosoldadura, cuando se va a distribuir a establecimientos comerciales.

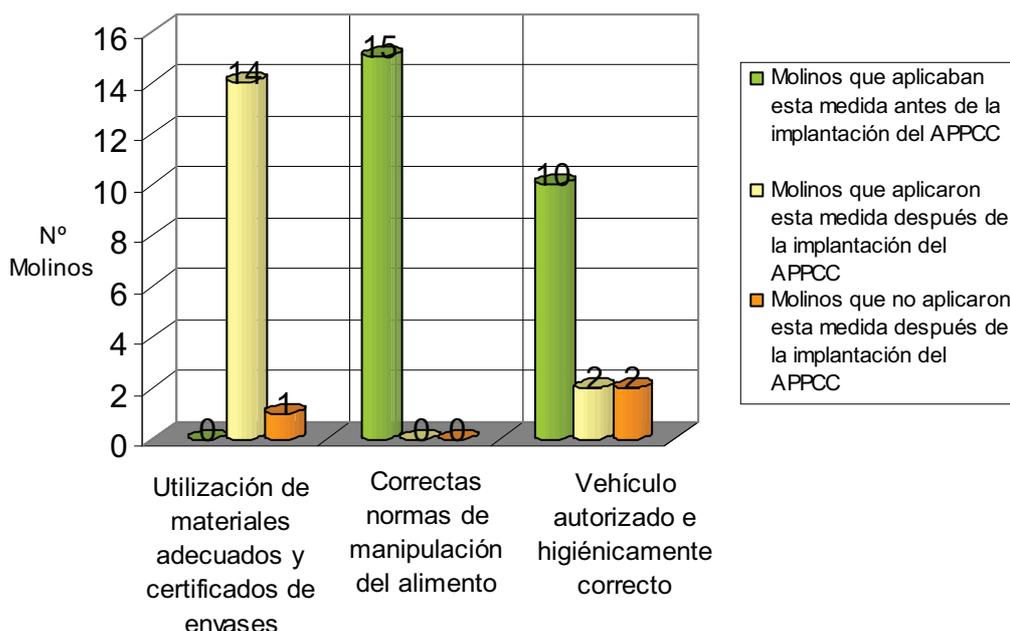
En esta fase hay que prestar una especial atención a la manipulación del producto final, así como a los materiales de los envases donde el gofio se acondicionará. Por otro lado debemos observar las condiciones de los vehículos donde el gofio será transportado en aquellos molinos que distribuyan el producto envasado.

Conociendo los posibles factores que pueden alterar el producto final, evaluaremos los siguientes parámetros en la expedición; utilización de materiales adecuados, con certificado de aptitud (depósitos, palas, envases, etc.), las correctas normas de manipulación siguiendo las buenas prácticas de higiene (no tocar con las manos el producto, el interior de las bolsas, mantener abiertos los depósitos más del tiempo necesario, etc.) y por último la utilización de vehículos autorizados, de uso exclusivo y con adecuadas condiciones de higiene.

En la figura 38 se observa que prácticamente todos los molinos que han implantado el APPCC, excepto uno, han utilizado materiales adecuados y poseen la certificación de los mismos. Todas las industrias aplican unas buenas y correctas normas de manipulación del alimento antes de la implantación del APPCC.

Un alto porcentaje de las fábricas que utilizan vehículo para la distribución de los productos envasados cumplen con la autorización pertinente y tienen unas condiciones adecuadas de higiene, antes de nuestra intervención. Sin embargo, dos molinos aplicaron dicha medida después de las visitas y otros dos molinos, no han aplicado esta medida.

FIGURA 38
Parámetros evaluados en la expedición



5.6. CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL GOFIO.

La degustación del gofio requiere un cierto tiempo hasta que el degustador se adapte a las características sensoriales que posee. La diversidad de maneras con la que se prepara el gofio (con agua, leche, potajes, etc.) dificulta aún más la percepción sensorial que podemos obtener del gofio. En cada caso habrá que estudiar las características que proporciona el gofio con esos alimentos para poder determinar las sensaciones que se manifiesten.

Las diferencias observadas en el perfil sensorial de los distintos tipos de gofio pueden estar relacionadas con el tipo de cereal que se empleó para su fabricación. Cada cereal tiene una composición distinta y esto provoca diferencias sensoriales en los atributos estudiados. Además, el tratamiento térmico del cereal, así como la molienda, pueden ejercer una influencia directa sobre la percepción sensorial del gofio. En estudios anteriores sobre las características nutricionales y físico-químicas del gofio, se observaron diferencias significativas entre los gofios de trigo y los de millo (Suárez y col, 1990; Cerpa y col, 2001).

Se ha detectado siempre una mayor persistencia de sabor en boca en aquellos gofios que poseían una mayor concentración de sal en relación a los de menor concentración.

Se realizó un análisis de varianza (datos no presentados) del análisis sensorial descriptivo de cada atributo para los efectos *juez*, *gofio* y *sesión*. Este análisis mostró que hubo una interacción *Juez x Sesión* altamente significativa para los atributos *Impureza*, *Dulzor* y *Salado*, debido posiblemente a un entrenamiento en estos atributos insuficiente. Por este motivo estos tres atributos no aparecen en los atributos expuestos en la tabla XXVI del apartado de *material y métodos* página 77.

Por otro lado, se observó como el resto de los atributos (tabla XXVIII), el efecto *Gofio* fue altamente significativo para todos los atributos, al igual que el efecto *Juez*. El efecto *Sesión* no supuso ninguna fuente de variación para los 16 atributos seleccionados.

TABLA XXVIII

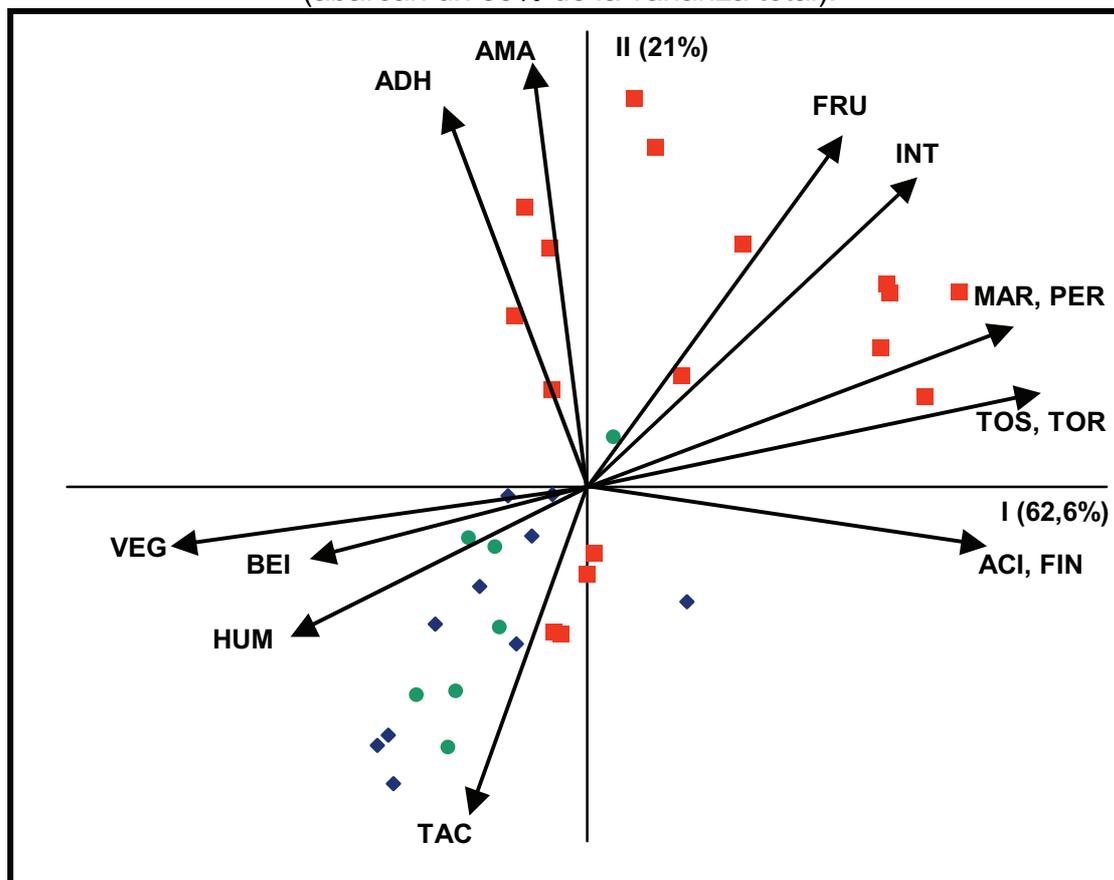
Análisis de varianza de los atributos: F-valor, grados de libertad (gl) y Cuadrado Medio del Error (CME).

Atributos	Juez (J)	Gofio (G)	Sesión (S)	J x G	J x S	G x S	CME
BEI	8.90***	9.05***	0.78	1.19	1.16	0.43	2.39
AMA	2.39***	3.90***	0.83	1.04	0.17	0.70	1.30
MAR	9.51***	3.02***	0.19	0.44	1.37	0.72	1.25
INT	7.63***	5.21***	0.62	1.13*	1.11	1.17	3.23
HUM	6.95***	6.35***	0.65	1.05	0.77	0.52	1.87
TOR	3.23***	9.59**	0.59	1.19**	0.47	0.68	2.93
VEG	8.71***	3.23***	1.07	1.19	1.6	1.06	1.05
FRU	7.74***	7.18***	1.53	1.16*	1.28	0.81	1.01
RAN	9.99***	7.84***	0.72	0.62	0.85	1.06	2.92
ADH	4.58***	9.96***	0.78	1.23**	0.42	1.32	2.65
FIN	7.22***	5.88***	0.73	0.64	1.27	0.67	1.93
ACI	4.95***	2.28***	1.81	0.34	0.43	1.36	1.98
TOS	9.61***	9.50***	1.07	1.37***	0.24	1.14	3.10
AMR	5.58***	6.07***	0.17	0.59	1.40	0.22	1.97
PER	2.93***	5.84***	0.13	0.76	0.98	0.27	1.07
TAC	4.52***	9.34***	0.91	0.48	0.31	0.76	2.15
gl	18	32	2	576	36	64	1152

Se observaron también interacciones significativas *Gofio x Juez* en los atributos INT, TOR, FRU, ADH y TOS, pero al analizar el cuadrado medio del efecto *gofio* contra el de la interacción *Gofio x Juez*, se observó que existían diferencias significativas entre los gofios. Tras este análisis de varianza de los datos, los 16 atributos fueron usados en una interpretación de los valores medios de los gofios a través de un Análisis en Componentes Principales (figura 39) para comparar las características de cada uno de los gofios. El primer componente, que abarcó el 62,6% de la varianza, fue el más importante (Castell, 1966; Kaiser, 1960), seguido del segundo componente con un 21% de la varianza explicada.

FIGURA 39

Proyección del análisis sensorial descriptivo en componentes principales I y II (abarcan un 83% de la varianza total).



El primer componente diferenció las muestras de acuerdo a la intensidad relativa en los atributos VEG, HUM y BEI contra los de FRU, INT, MAR, PER, ACI, FIN, TOS y TOR. Entre estos últimos existen unas correlaciones altamente significativas ($p < 0.001$). El segundo componente separó las muestras en función de los atributos AMA y ADH contra el TAC. Los atributos RAN y AMR tuvieron una escasa representación en la varianza total, y por esto no fueron expuestos.

Una gran proporción de los gofios de millo están colocados por encima del componente I, caracterizados por intensidades altas en FRU, INT, MAR, PER, ACI y FIN. Sin embargo, los gofios de trigo y de mezcla están situados en los cuadrantes negativos de ambos ejes, lo que indican unas altas intensidades en VEG, HUM, BEI y TAC, lo que explica una escasa diferencia entre estos dos tipos de gofios. Los gofios codificados con los números 15, 17, 22 y 26 han sido preparados con un doble tueste, por lo que presentan altos valores en notas de marrón, persistencia, tostado y torrefacto. Todo lo contrario sucede con el resto de los gofios de millo que tienden a valores más amarillos y con una mayor adhesividad.

Como se aprecia el carácter táctil presenta una relación inversa al de adhesividad, lo que explica que los gofios de millo y de mezcla son de una granulometría más gruesa que los de trigo.

El cereal empleado tuvo una mayor influencia en las características de los gofios que el origen o isla de procedencia. Esto se debió principalmente a que en gran parte de los gofios, cada isla tiene una preferencia por el cereal a emplear en

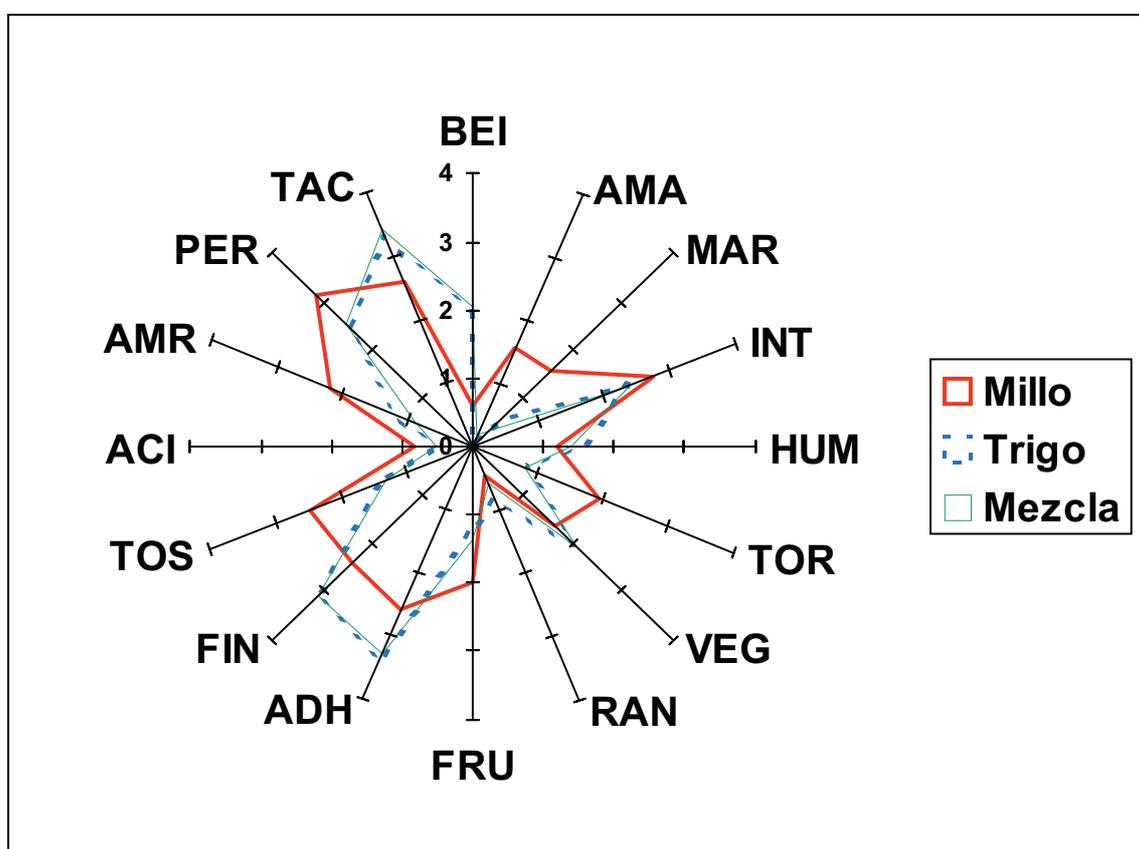
los gofios, así tenemos, como Gran Canaria se inclina más por el millo, Tenerife por el de mezcla y La Palma por el de trigo.

El estudio de los datos descriptivos medios para cada gofio y atributo, en la forma de gráfico polar, permite una comparación detallada y la definición de las diferencias significativas entre las muestras para cada uno de los tres tipos de Gofios (figura 40). Entre los 16 atributos se observaron diferencias significativas entre los atributos de los gofios de millo con respecto a los de trigo y a los de mezclas. Sin embargo, entre estos dos últimos no se observaron diferencias significativas.

En el atributo rancio no se observaron diferencias significativas entre los de mezcla con respecto a los de millo y trigo, pero sí entre estos últimos. Los productos volátiles de la reacción de Maillard pueden tener efecto sobre la formación de derivados lipídicos volátiles y por tanto, en la percepción de el componente rancio (Bredie y col, 1998a; Elizalde y col, 1991).

FIGURA 40

Perfil Sensorial de tres tipos de gofios: millo, trigo y mezcla.



Las mayores intensidades en los atributos relacionados con el tratamiento térmico, tostado y torrefacto, tienen una mayor influencia en los granos de millo que en los de trigo, a pesar de que estos últimos tienen una mayor superficie relativa, teniendo en cuenta que el tratamiento térmico al que es sometido el grano antes de la molienda afecta principalmente a las cubiertas del cereal. Gran parte de los molineros que elaboran gofio aportan un menor tratamiento térmico a los granos de millo para evitar intensidades elevadas en olores desagradables que pueden alterar la calidad del gofio (García, 1998).

5.7. ESTUDIO DE MACRONUTRIENTES Y ESTIMACIÓN DE LA INGESTA DE VITAMINAS.

En la tabla XXIX se observan los resultados obtenidos en los gofios de trigo, millo y mezcla para proteínas lípidos e hidratos de carbono, se puede observar en ella, que en el gofio de trigo la composición proteica es mayor entre un 9,96-13,3%, frente al de millo cuyo máximo porcentaje es de 11,4% aproximadamente.

TABLA XXIX

Contenidos de proteínas, lípidos, hidratos de carbono y fibra bruta en los gofios de trigo, millo y mezcla de ambos (g/100g).

	Gofio de trigo		Gofio de millo		Gofio de mezcla	
	Intervalo	Media	Intervalo	Media	Intervalo	Media
Proteínas	9,69-13,3	12,1	7,37-11,4	9,27	9,57-11,2	10,37
Grasa total	1,02-2,3	1,72	1,27-4,96	3,32	2,35-3,23	2,74
Carbohidratos	81,1-82,9	81,8	81,9-83,1	82,9	81,4-82,5	82,2
Fibra bruta	6,35-14,8	11,4	8,94-11,5	9,87	2,09-13	8,22

A diferencia del trigo, el millo carece de proteínas del gluten, y destaca de él que la composición de aminoácidos presenta un gran interés debido a sus altos niveles de leucina y de prolina (Hoseney, 1991).

En cuanto a las vitaminas, y considerando los niveles de la B₁, B₂ y B₃ que se recogen en la tabla III de la página 28 presentes en los distintos gofios, se han elaborado las tablas XXX y XXXI en las que se comparan las cantidades de vitaminas con las raciones dietéticas recomendadas. Los porcentajes de las ingestas diarias recomendadas fueron calculados según las ingestas estimadas por Entrala y Gil (2000), en su estudio de las vitaminas aplicado en la alimentación de los españoles. La cantidad de gofio ingerida para el cálculo del porcentaje de la IDR, se ha estimado en 30g de gofio por persona y día que es la cantidad considerada como la mínima que se suele ingerir, al tratarse de aproximadamente 2 cucharadas soperas del producto que generalmente se utiliza en la preparación de un desayuno, o como complemento en potajes o caldos, pues es en estos preparados, donde el gofio se consume con mayor frecuencia por la población canaria.

TABLA XXX

Contenido de vitaminas B₁, B₂ y B₃ y porcentaje de las IDR alcanzadas suponiendo una ingesta de 30 mg de gofio/día.

	Gofio de Trigo (mg/100g)	Gofio de millo (mg/100g)	IDR hombres (mg)		IDR mujeres (mg)	
			60-69 años	>70 años	60-69 años	>70 años
Vitamina B ₁	0,49	0,05	1,2	1,2	1,1	1,1
Vitamina B ₂	0,22	0,06	1,3	1,4	1,2	1,3
Vitamina B ₃	9,45	6,3	16	16	15	15

Según se observa en la tabla XXX la cantidad de vitamina B₁ es significativamente mayor en el gofio de trigo que el gofio de millo, téngase en cuenta que tomando una cantidad de 30g de gofio de millo, que es el que tiene menor cantidad, podríamos lograr hasta un 7% de la IDR en varones y un 8,6% en mujeres, para la citada vitamina. No obstante, debemos tener en cuenta que las necesidades nutricionales de la tiamina dependen de la cantidad de hidratos de carbono de la dieta, existiendo un aumento de las necesidades en personas que realizan ejercicio físico regularmente

Igualmente, para la vitamina B₂ el gofio de trigo posee mayores contenidos que el gofio de millo y las dos cucharadas de este alimento, llegan a cubrir hasta un 5% de la IDR en mujeres, también la ración dietética está basada en las calorías ingeridas, al igual que la vitamina B₁.

Por último, la vitamina B₃ que puede aportar 30 g de gofio de millo, y que posee menos cantidad de esa vitamina que el de trigo, llega a contribuir un 10,5% de la IDR para hombres, si por el contrario se consumiera la misma cantidad de gofio de trigo llegaría a aportar hasta el 15,7% en hombres, siendo para las mujeres hasta el 20% de la IDR.

Como se señalaba en el apartado de “material y métodos”, se evaluó la ingesta de gofio para la población anciana, en la tabla III de la página 28 se señalaban las IDR para ese grupo de población en los gofios de millo y trigo. Los valores expuestos en la tabla III, recomendados por Carvajal, 2001, fueron los utilizados para la elaboración de la tabla XXXI en la cual se obtuvieron los porcentajes de las recomendaciones dietéticas recomendadas de dichas vitaminas cubiertos por la ingesta de 30 g de gofio, para ancianos de 60-69 años y para aquellos mayores de 70 años, que como se ha especificado con anterioridad equivale a la cantidad de gofio que generalmente consumen al día.

TABLA XXXI

Porcentaje de las recomendaciones dietéticas diarias de vitaminas cubiertas por la ingesta de 30 g de gofio de trigo y de gofio de millo al día para la población anciana.

		Ingesta proveniente de 30 g. de gofio (mg)	% de las IDR cubiertas			
			% hombres		% mujeres	
			60-69 años	>70 años	60-69 años	>70 años
Trigo	Vit. B ₁ (mg)	0,15	12,5	12,5	13,6	13,6
	Vit. B ₂ (mg)	0,07	5,38	5	5,8	5,38
	Vit. B ₃ (mg)	2,8	17,5	17,5	18,7	18,7
Millo	Vit. B ₁ (mg)	0,02	1,7	1,7	1,8	1,8
	Vit. B ₂ (mg)	0,02	1,5	1,4	1,7	1,5
	Vit. B ₃ (mg)	1,9	11,9	11,9	12,6	12,6

Como se puede observar en la tabla XXXI las vitaminas B₁ y B₃ representan porcentajes de las IDR superiores en las mujeres debido a que sus requerimientos dietéticos son menores. En lo que respecta a las diferentes edades, la vitamina B₂ es la única que presenta distintos resultados, siendo superiores los valores de las IDR cubiertas en personas comprendidas entre 60 y 69 años. La vitamina B₃ cubre un 17,5% de las IDR en hombres y un 18,7% en mujeres. Algunos autores sugieren que las ingestas recomendadas para la vitamina B₂ pueden ser mayores de las establecidas, este alimento cubre aproximadamente un 5,5% de dichas ingestas.

Los 0,15 mg de vitamina B₁ provenientes de los 30 g de consumo de gofio de trigo van a cumplimentar un 12,5% de los requerimientos necesarios en los hombres y un 13,6% en las mujeres. En el gofio de millo las vitaminas B₁ y B₃ aportadas prestan porcentajes de las IDR superiores en las mujeres. Según las edades, se puede observar que solamente en el caso de la vitamina B₂ existen pequeñas diferencias, no siendo importante su reseña ya que los valores son prácticamente similares.

Podemos destacar la importante contribución, que lleva a cabo el gofio de millo, a los requerimientos diarios de la vitamina B₃, ya que aporta un 11,9% de las IDR para los hombres y un 12,6% en las mujeres. Las vitaminas B₁ y B₂ aportan menores porcentajes. Para el caso de la vitamina B₁ se aporta 1,7% de las ingestas para los hombres y 1,8% para las mujeres, mientras que para la vitamina B₂ aproximadamente el 1,5% de sus requerimientos son cubiertos.

Podríamos concluir diciendo que el gofio desde el punto de vista tanto de forma cualitativa como cuantitativa, contribuye de manera especial a cubrir las IDR para diversos nutrientes, en especial en personas mayores que pueden sufrir la aparición de problemas de salud o que éstas se agraven debido a deficiencias nutricionales.

5.8. NIVELES DE MACROELEMENTOS; SODIO, POTASIO, CALCIO Y MAGNESIO.

Como se expuso en el apartado *material y métodos*, se procedió al estudio de los contenidos de minerales en la totalidad de los gofios muestreados, si bien en determinadas ocasiones no se han considerado algunas muestras de gofios por no existir un número suficiente de ellas. Tal es el caso de los gofios de cebada, garbanzo, avena y centeno, cuyos niveles de sodio, potasio, calcio y magnesio se pueden observar en la tabla XXXII, los cuales se han separado del resto del estudio.

TABLA XXXII

Niveles de sodio, potasio, calcio y magnesio en gofios de cebada, garbanzo, avena y centeno.

Tipo de Gofio		Gofio cebada	Gofio garbanzo	Gofio avena	Gofio centeno
Número de muestras		8	3	1	1
Na	Intervalo	(83,5 – 2478)	(569 – 789)	590	789
	Media ± D. estándar	946 ± 763	672 ± 111		
K	Intervalo	(1587 – 2473)	(4052 – 6667)	1831	1913
	Media ± D. estándar	2053 ± 317	5073 ± 1398		
Ca	Intervalo	(139 – 319)	(515 – 752)	521	367
	Media ± D. estándar	240 ± 57	603 ± 130		
Mg	Intervalo	(446 – 600)	(662 – 818)	569	591
	Media ± D. estándar	557 ± 49,1	753 ± 80,9		

No obstante, en las figuras 41 a la 44 se representan, por medio de gráficos de distribución de frecuencias, los niveles de los distintos macroelementos, teniendo en cuenta la totalidad de los gofios analizados. Asimismo, la tabla XXXIII muestra los resultados del estudio de normalidad en función de los ingredientes, señalándose con un asterisco aquellos grupos de muestras que siguen un comportamiento normal.

Al realizar el estudio de normalidad considerando la totalidad de las muestras de forma conjunta, no se observa linealidad para los niveles de ninguno de estos elementos, si bien los resultados de esta última prueba no se exponen, pues no se ha considerado relevante.

FIGURA 41
Distribución de frecuencias para niveles de sodio teniendo en cuenta la totalidad de los gofios estudiados.

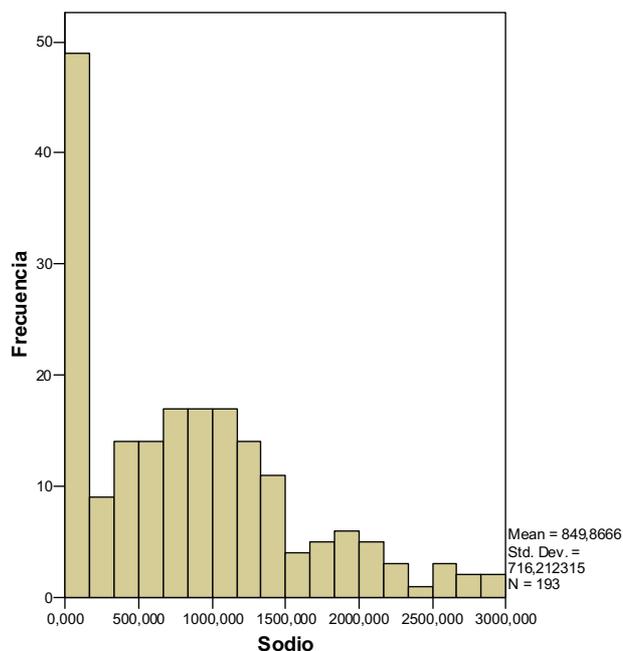


FIGURA 42
Distribución de frecuencias para niveles de potasio teniendo en cuenta la totalidad de los gofios estudiados.

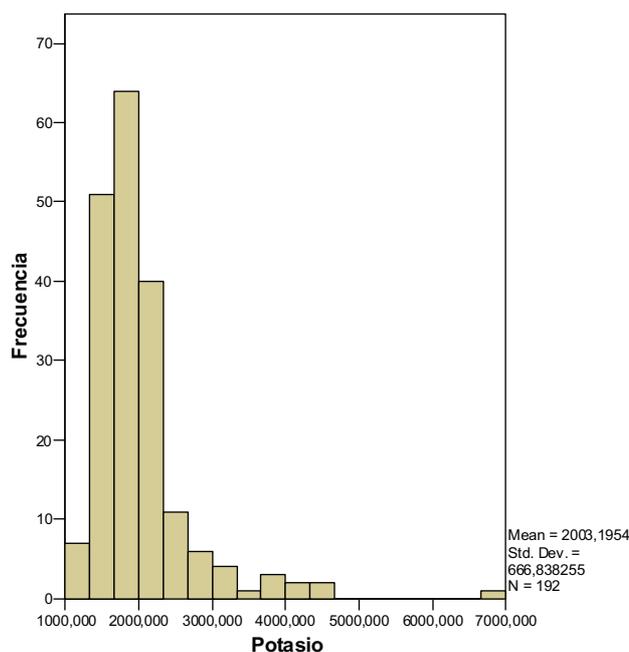


FIGURA 43

Distribución de frecuencias para niveles de calcio teniendo en cuenta la totalidad de los gofios estudiados.

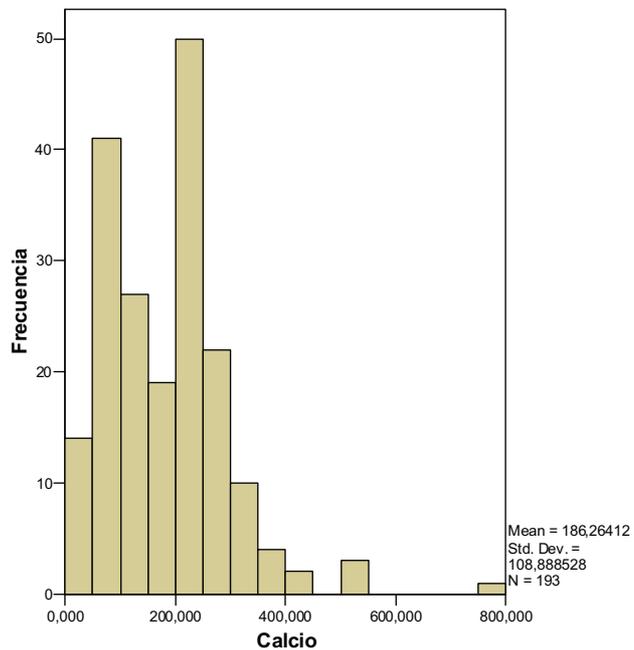


FIGURA 44

Distribución de frecuencias para niveles de magnesio teniendo en cuenta la totalidad de los gofios estudiados.

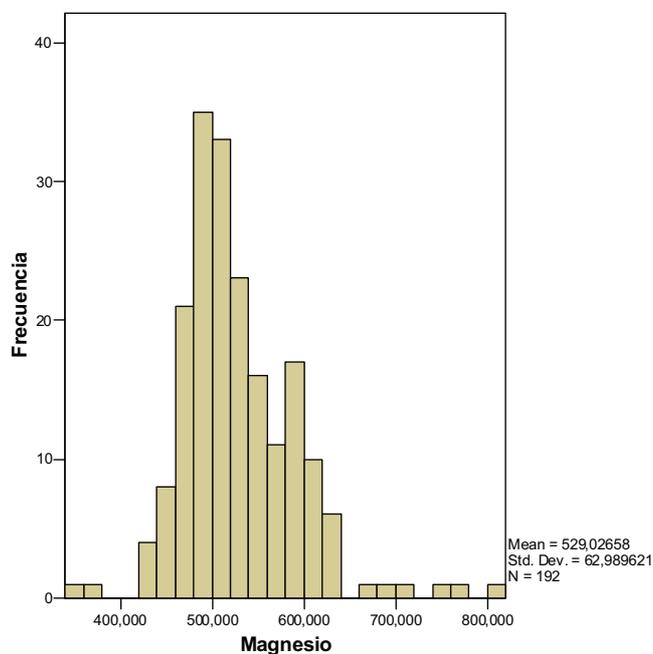


TABLA XXXIII

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para el sodio, potasio, calcio y magnesio en función de los ingredientes utilizados en la elaboración del gofio.

Pruebas de normalidad

ingrediente	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
Sodio	Millo	,248	65	,000	,748	65	,000
	Trigo	,077	49	,200*	,962	49	,120
	Millo Canario	,280	15	,003	,841	15	,013
	Trigo-Millo	,110	23	,200*	,969	23	,655
	Cereales	,148	27	,133	,938	27	,107
Potasio	Millo	,189	65	,000	,814	65	,000
	Trigo	,158	49	,004	,756	49	,000
	Millo Canario	,175	15	,200*	,872	15	,036
	Trigo-Millo	,096	23	,200*	,977	23	,852
	Cereales	,241	27	,000	,762	27	,000
Calcio	Millo	,151	65	,001	,896	65	,000
	Trigo	,128	49	,045	,944	49	,022
	Millo Canario	,216	15	,058	,866	15	,030
	Trigo-Millo	,081	23	,200*	,986	23	,980
	Cereales	,175	27	,033	,926	27	,056
Magne- sio	Millo	,101	65	,168	,971	65	,128
	Trigo	,209	49	,000	,768	49	,000
	Millo Canario	,165	15	,200*	,966	15	,795
	Trigo-Millo	,106	23	,200*	,969	23	,670
	Cereales	,170	27	,045	,889	27	,008

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

5.8.1. Niveles de sodio en función del tipo de gofio y la adición de sal.

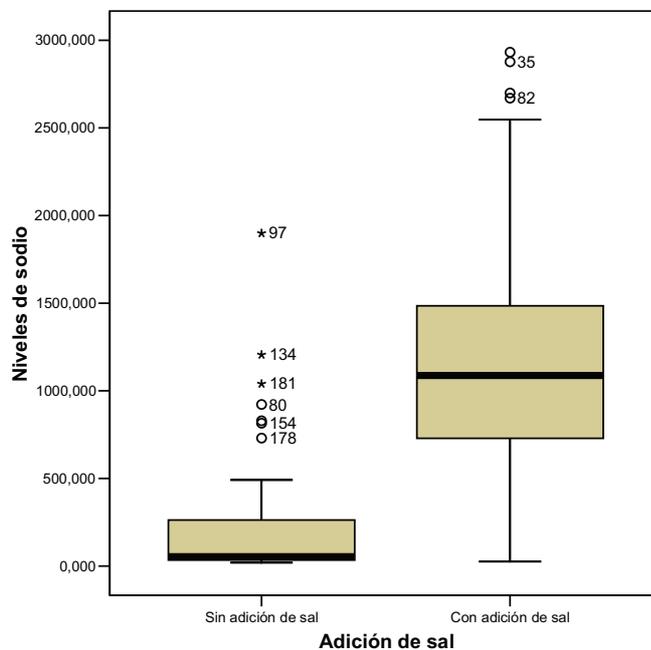
Para el estudio de este elemento se debe considerar el hecho de la adición de sal marina añadida en el proceso de elaboración del gofio, ya que generalmente, tal y como se señalaba en el apartado “revisión y antecedentes”, la adición de sal en el gofio depende del maestro molinero y de la demanda del consumidor. En la figura 45 se representan mediante un diagrama de cajas los niveles de sodio en la totalidad de los gofios estudiados y en función de la adición o no de sal. Se estudiaron 126 muestras con sal y 67 muestras sin ella, y es evidente que la diferencia, a simple vista es significativa. El histograma de la figura 41 muestra como existen gran cantidad de gofios que poseen bajos niveles de sodio, pues su presencia es únicamente la debida al contenido natural en los granos de cereales, por lo que los contenidos en sodio son relativamente bajos.

Se debe señalar que posiblemente los valores alejados que se indican en la figura 45, en el grupo de sin adición de sal sean gofios que en la toma de muestras no se indicó que se les había adicionado sal. Los valores atípicos que se muestran y que claramente poseen unos niveles de sodio superiores al resto corresponden a gofios elaborados en la isla de Tenerife, excepto la muestra señalada con el número 154 que es de Gran Canaria, es muy probable que haya existido un error en asignarla a la categoría “sin adición de sal”, pues pudo

haber un fallo en la información tomada en la industria en el momento de su recogida.

FIGURA 45

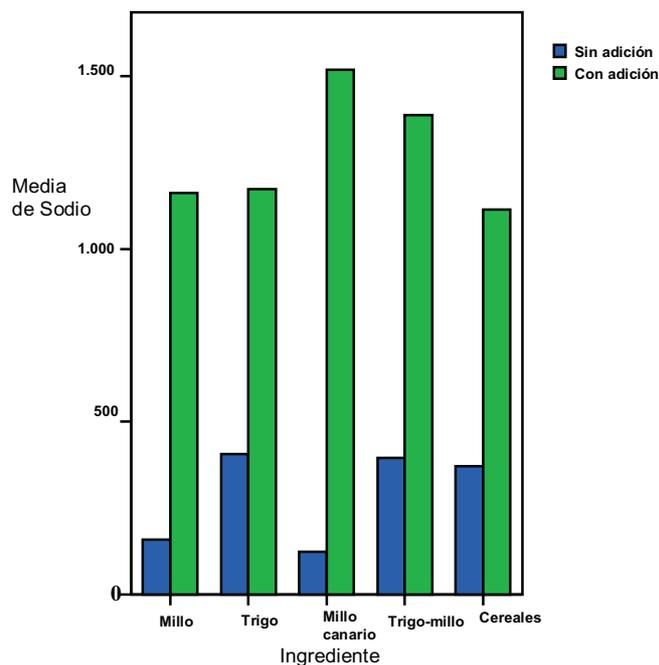
Diagrama de cajas para los niveles de sodio en función de la adición o no de sal marina en el proceso de elaboración.



La isla de producción también es importante, pues de ello depende la adición de sal marina. Es destacable como en las islas de Tenerife y La Palma es en donde existe mayor tradición de adicionarle sal al gofio. Por el contrario, en la isla de Gran Canaria, únicamente le adicionan sal, algunas empresas, y de forma exclusiva al gofio de trigo (Caballero y col, 2008). Como consecuencia las concentraciones de sodio en el gofio dependerá de esta adición, véase en la figura 46 la influencia de adicionarle sal, lo que provoca un incremento apreciable de los niveles de sodio, en la citada figura se han diferenciado las muestras en función del ingrediente. Asimismo, en la tabla XXXIV se exponen los resultados del estudio estadístico separando las muestras en función de la adición de sal y considerando únicamente los grupos de gofios mejor representados en cuanto a ingredientes se refiere.

FIGURA 46

Medias de concentración de sodio, teniendo en cuenta los ingredientes utilizados para la elaboración del gofio y la adición o no de sal marina.

**TABLA XXXIV**

Concentraciones de sodio en función de la adición de sal y considerando los ingredientes utilizados.

Resúmenes de casos

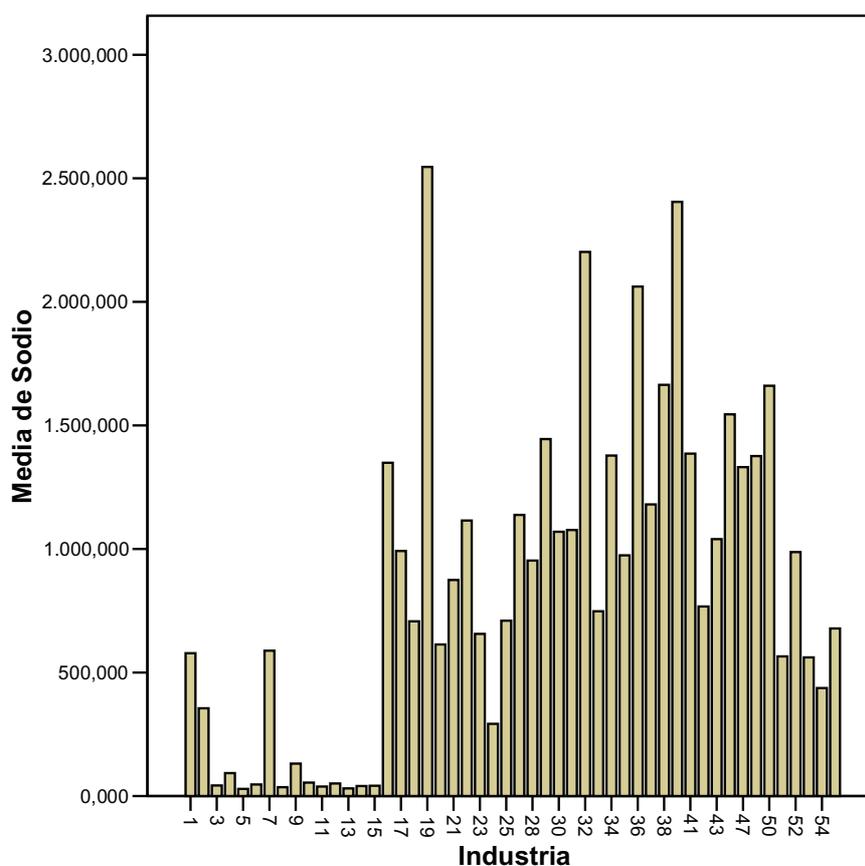
Na

Ingrediente	Adición de sal	Número de muestras	Media	Error típ. de la media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Millo	Sin	41	159,33763	50,828105	325,4587	19,354	1898,842
	Con	24	1162,054	150,763333	738,5865	25,489	2932,083
	Total	65	529,57123	87,711926	707,1562	19,354	2932,083
Trigo	Sin	11	405,51709	115,067753	381,6366	45,883	1205,637
	Con	39	1173,595	90,951428	567,9915	253,222	2546,181
	Total	50	1004,618	87,545957	619,0434	45,883	2546,181
Millo canario	Sin	8	124,53250	86,579539	244,8839	24,497	730,172
	Con	7	1519,022	192,038935	508,0873	1131,868	2538,984
	Total	15	775,29447	209,631661	811,8999	24,497	2538,984
Trigo-millo	Sin	3	396,02567	227,582216	394,1840	32,130	814,756
	Con	20	1386,411	151,361684	676,9100	446,553	2876,945
	Total	23	1257,230	151,249539	725,3673	32,130	2876,945
Cereales	Sin	3	371,78133	229,964770	398,3107	100,027	829,005
	Con	24	1114,454	121,209796	593,8043	434,869	2699,190
	Total	27	1031,934	118,742322	617,0032	100,027	2699,190
Total	Sin	66	216,56382	41,825758	339,7941	19,354	1898,842
	Con	114	1217,261	58,960117	629,5218	25,489	2932,083
	Total	180	850,33860	54,054950	725,2233	19,354	2932,083

En el diagrama de barras de la figura 47, se especifican los datos relativos a la concentración de sodio en los gofios en función de cada una de las industrias muestreadas, se puede observar que no se señalan valores para las industrias codificadas con los números 26, 40, 45 y 46 pues en ellas no se recogieron muestras. Las industrias numeradas de la 1 a la 15 que corresponden a las islas de Gran Canaria y Lanzarote son las que poseen las muestras con menores concentraciones de sodio. Además este mismo diagrama pone de manifiesto qué industrias son las que adicionan mayor cantidad de sal al gofio, pues según se aprecia las codificadas con los números 19, 32, 36, 39, son aquellas que más sal le añaden al gofio, todas pertenecientes a la isla de Tenerife.

FIGURA 47

Diagrama de cajas de niveles de sodio en cada una de las industrias.



Si tenemos en cuenta únicamente los ingredientes utilizados, y no valoramos la adición de sal, se obtienen los resultados de la tabla XXXV en la que se exponen los niveles de sodio para los gofios de millo, trigo, millo canario, trigo-millo y cereales, en la figura 48 se representan gráficamente mediante un diagrama de cajas los mismos datos, así como aquellos obtenidos en los gofios minoritarios.

TABLA XXXV

Niveles de sodio para los gofios de millo, trigo, millo canario, trigo-millo y cereales.

Tipo de gofio	Intervalo	Media \pm desviación estándar	Intervalo de confianza para la media al 95%	Asimetría	Curtosis	Error típico
Millo	19,3 – 2932	529 \pm 707	354 – 705	1,56	1,92	87,7
Trigo	45,9 – 2546	1021 \pm 614	845 – 1197	0,58	-0,18	87,7
Millo canario	24,5 – 2538	775 \pm 812	326 – 1225	0,68	-0,41	209
Trigo-millo	32,1 – 2877	1257 \pm 725	943,5 – 1571	0,58	0,01	151
Cereales	100 – 2699	1032 \pm 617	788 – 1276	0,92	0,76	119

Se hace necesario escudriñar la figura 48 pues parece que “a priori” el cereal utilizado para la elaboración de gofio no parece influir en la concentración de sodio observada, destacando la amplia distribución de los datos. No obstante, para los gofios de millo existe muy poca dispersión en aquellos que presentan niveles de sodio bajo, es decir por debajo de la mediana y hasta el valor más pequeño que no llega a ser atípico. Este hecho puede ser debido al gran número de muestras de millo cuyo origen es la Isla de Gran Canaria y a las cuales no se les ha adicionado sal. En la configuración de las figuras 49 y 50 se ha tenido en cuenta este hecho, en la figura 49 se han considerado todos los gofios muestreados, sin diferenciar ni los ingredientes utilizados ni la adición o no de sal, observándose a simple vista que los gofios obtenidos en Gran Canaria son los que menos sodio presentan y que por el contrario los de Tenerife son a los que más sal se les adiciona. En la figura 50 se ha considerado únicamente el gofio de millo, separándose los gofios en función de la isla de procedencia y la adición de sal.

FIGURA 48

Diagrama de cajas para los niveles de sodio según los ingredientes utilizados.

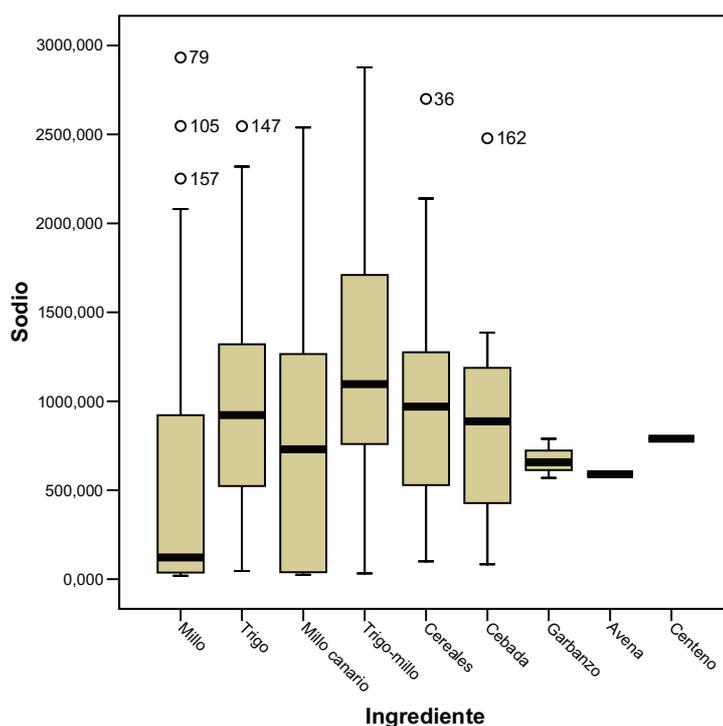
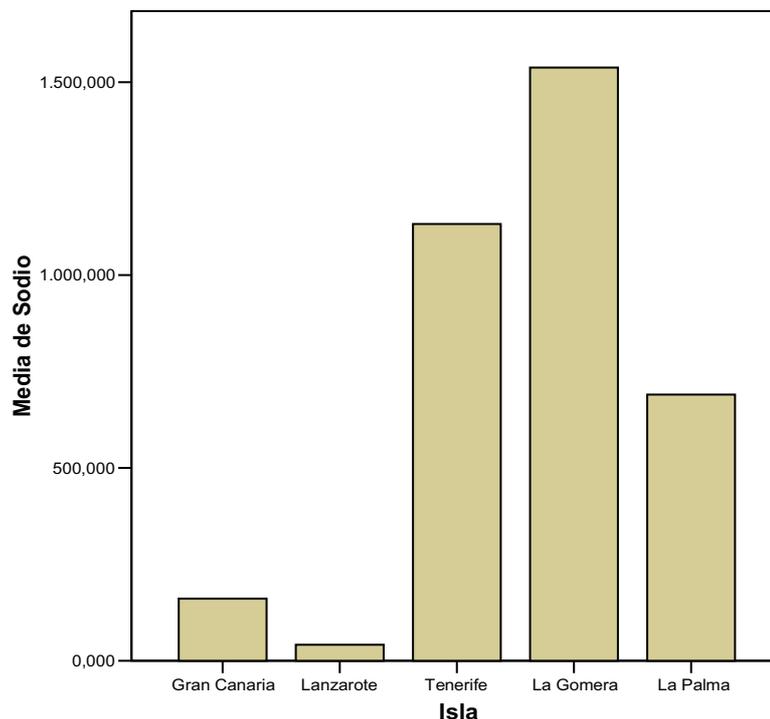


FIGURA 49

Histograma de niveles de sodio para todos los gofios en función de la isla de procedencia.

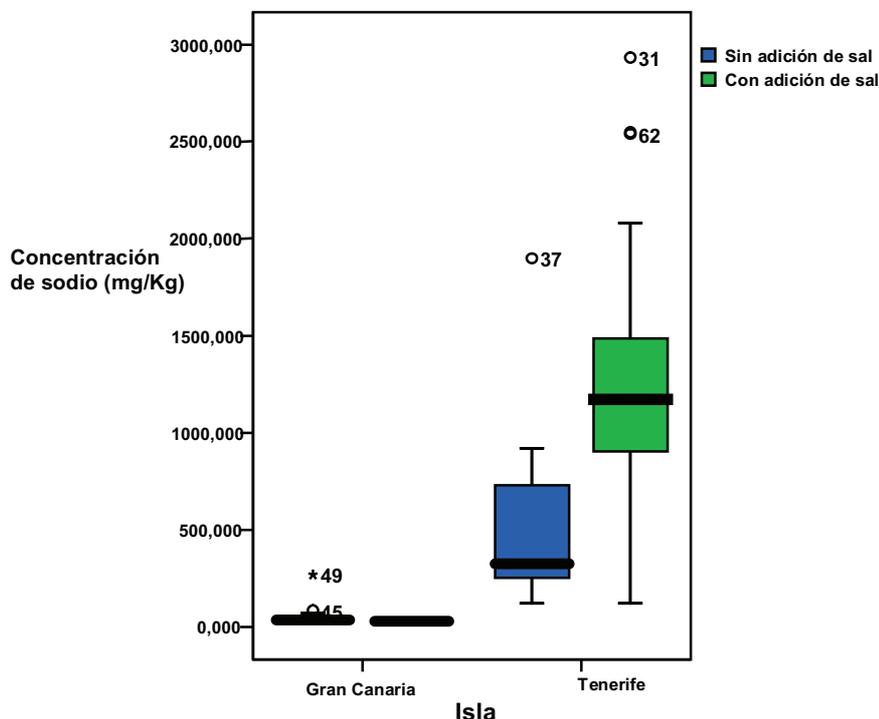


En el diagrama de cajas expuesto en la figura 50 se han considerado únicamente los gofios de millo y millo canario producidos en Gran Canaria (37 gofios de los cuales 2 poseen sal) o Tenerife (36 gofios de los cuales 26 poseen sal y 10 sin ella), diferenciándose en función de la isla de procedencia y la adición o no de sal. Los gofios de millo y millo canario se agruparon con el objeto de no introducir más variables.

En cuanto al resultado se observa, en la citada figura, como existe gran dispersión en las muestras obtenidas en Tenerife comparándolas con las obtenidas en Gran Canaria en las que solamente existen dos valores aislados. La muestra codificada con el número 37 que se muestra como un valor aislado pudo haber sido un error en la toma de muestra. Es destacable como en la isla de Tenerife la mayoría de las muestras “sin sal” poseen valores altos en este elemento mineral, ello puede deberse a que se producen contaminaciones de sodio en el interior de los molinos o depósitos utilizados. Pudiera ser que en las industrias después de moler gofio con sal, procedan directamente a moler aquel al que no se le adiciona, contaminándolo con el sodio que pudiera quedar en el interior de la maquinaria proveniente de la partida anterior.

FIGURA 50

Diagrama de cajas para los gofios de millo considerando la isla de procedencia (Gran Canaria o Tenerife) y la adición de sal.



Observando las figuras anteriormente comentadas así como los datos expuestos en las tablas XXXIV y XXXV no sería oportuno intentar determinar la existencia de diferencias significativas entre los niveles de sodio en función de los ingredientes utilizados, pues la adición o no de sal marina es el factor determinante en cuanto a los niveles de este metal, por ello no es posible obtener resultados concluyentes si no se separan claramente aquellas muestras a las que no se les añade sal, con objeto de determinar cómo influye el cereal utilizado en las concentraciones.

5.8.2. Niveles de potasio en función del tipo de gofio.

Los niveles de potasio se pueden observar en la tabla XXXVI para aquellos gofios con mayor representación, se observa que si bien los niveles hallados son diferentes, parece que los gofios de cereales son los que mayores concentraciones presentan, con una media de 2189 mg/Kg.

TABLA XXXVI

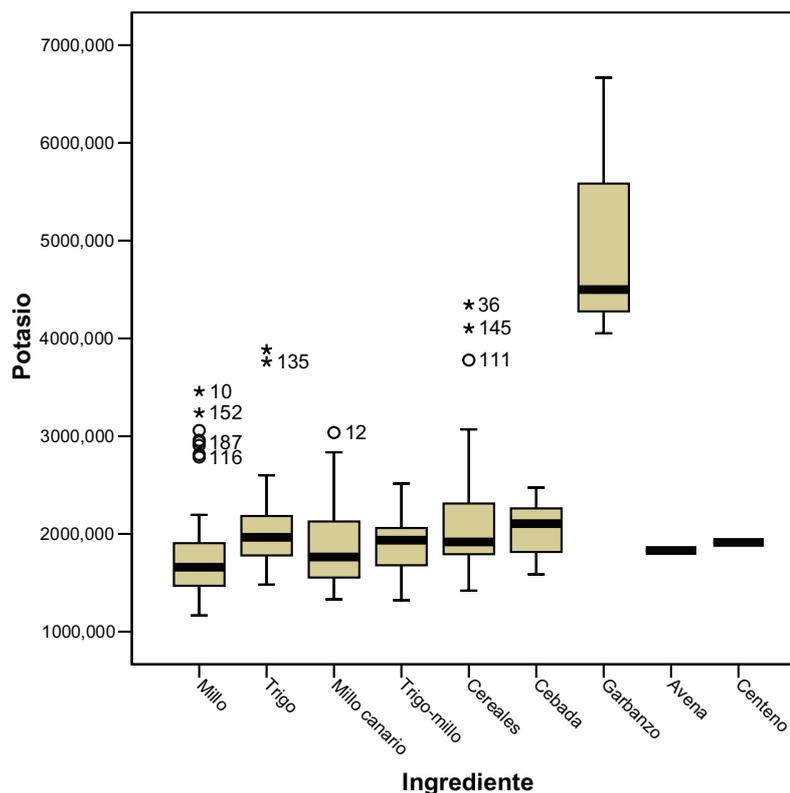
Niveles de potasio para los gofios de millo, trigo, millo canario, trigo-millo y cereales.

Tipo de gofio	Intervalo	Media \pm desviación estándar	Intervalo de confianza para la media al 95%	Asimetría	Curtosis	Error típico
Millo	1166 - 3458	1804 \pm 520	1675 - 1932	1,61	2,03	64,5
Trigo	1481 - 3885	2053 \pm 452	1823 - 2183	2,53	8,28	64,6
Millo canario	1330 - 3036	1909 \pm 492	1637 - 2181	1,24	1,07	127
Trigo-millo	1323 - 2515	1897 \pm 315	1760 - 2033	0,25	-0,41	65,7
Cereales	1419 - 4344	2189 \pm 766	1886 - 2492	1,82	2,68	147

En el diagrama de frecuencias (figura 42) en el que se han tomado la totalidad de las muestras se puede apreciar que la gran mayoría de ellas presentan valores aproximados entre 1300 y 2300 mg/Kg. Por otro lado, en la figura 51 destaca que los gofios de millo canario y de cereales presentan una mayor dispersión que el resto de gofios, igualmente se observan mayor número de valores aislados en el gofio de millo.

FIGURA 51

Diagrama de cajas para los niveles de potasio según los ingredientes utilizados.



Con el propósito de poder comparar las concentraciones para los gofios de los distintos ingredientes, y teniendo en cuenta las pruebas de normalidad de la tabla XXXIII de la página 120, únicamente se sigue la distribución normal en los datos relativos a los niveles de potasio en los gofios de millo canario y trigo-millo, por lo que para verificar si existen diferencias significativas se recurrirá a la prueba de análisis no lineal de Kruskal-Wallis, cuyos resultados se observan en la tabla XXXVII. En esta última se indica el estadístico de Kruskal-Wallis ($\chi^2=22,479$), sus grados de libertad ($gl=4$) y el nivel crítico (significación asintótica=0,000). Puesto que el nivel crítico es menor que 0,05, no se puede rechazar la hipótesis de igualdad de promedios poblacionales y se puede concluir que las poblaciones comparadas presentan diferencias en cuanto a los niveles de potasio.

TABLA XXXVII

Prueba Kruskal-Wallis para los distintos niveles de potasio en función del ingrediente utilizado para la elaboración del gofio.

Rangos

	Ingrediente	Número de muestras	Rango promedio
Potasio	Millo	65	67,71
	Trigo	49	109,63
	Millo Canario	15	85,13
	Trigo-Millo	23	93,48
	Cereales	27	107,78
	Total	179	

Estadísticos de contraste^{a,t}

	Potasio
Chi-cuadrado	22,479
gl	4
Sig. asintót.	,000

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: ingrediente

Para un mayor abudamiento en la demostración de las diferencias significativas entre los distintos grupos de gofio se ha realizado la prueba de Mann-Whitney, para aquellos gofios cuyos datos no siguen una distribución normal y se obtuvieron diferencias significativas de los niveles de potasio, entre los gofios de millo con los de trigo, los de millo con los de trigo-millo así como en los de millo con cereales, como se puede observar, respectivamente, en las tablas XXXVIII, XXXIX y XL, en las que se observa que el nivel crítico es menor que 0,05.

TABLA XXXVIII

Prueba de Mann-Whitney para comparar los niveles de potasio entre los gofios elaborados con millo y los de trigo.

Rangos

	Ingrediente	N	Rango promedio	Suma de rangos
Potasio	Millo	65	45,89	2983,00
	Trigo	49	72,90	3572,00
	Total	114		

Estadísticos de contraste^a

	K
U de Mann-Whitney	838,000
W de Wilcoxon	2983,000
Z	-4,319
Sig. asintót. (bilateral)	,000

a. Variable de agrupación: ingrediente

TABLA XXXIX

Prueba de Mann-Whitney para comparar los niveles de potasio entre los gofios elaborados con millo y los de trigo-millo.

Rangos

	Ingrediente	N	Rango promedio	Suma de rangos
Potasio	Millo	65	41,00	2665,00
	Trigo-millo	23	54,39	1251,00
	Total	88		

Estadísticos de contraste^a

	K
U de Mann-Whitney	520,000
W de Wilcoxon	2665,000
Z	-2,161
Sig. asintót. (bilateral)	,031

a. Variable de agrupación: ingrediente

TABLA XL

Prueba de Mann-Whitney para comparar los niveles de potasio entre los gofios elaborados con millo y los de cereales.

Rangos

	Ingrediente	N	Rango promedio	Suma de rangos
Potasio	Millo	65	40,75	2649,00
	Cereales	27	60,33	1629,00
	Total	92		

Estadísticos de contraste^a

	K
U de Mann-Whitney	504,000
W de Wilcoxon	2649,000
Z	-3,203
Sig. asintót. (bilateral)	,001

a. Variable de agrupación: ingrediente

Igualmente, se realizaron las pruebas de comparación entre los demás grupos de gofios, las cuales se pueden observar en las tablas XLI a la XLVI. Como se había señalado se observa un valor superior a 0,05, por lo que no se puede concluir que existan diferencias significativas entre los gofios estudiados.

TABLA XLI

Prueba de Mann-Whitney para comparar los niveles de potasio entre los gofios elaborados con millo y los de millo canario.

Rangos

	Ingrediente	N	Rango promedio	Suma de rangos
Potasio	Millo	65	39,06	2539,00
	Millo canario	15	46,73	701,00
	Total	80		

Estadísticos de contraste(a)

	K
U de Mann-Whitney	394,000
W de Wilcoxon	2539,000
Z	-1,153
Sig. asintót. (bilateral)	,249

a Variable de agrupación: ingrediente

TABLA XLII

Prueba de Mann-Whitney para comparar los niveles de potasio entre los gofios elaborados con trigo y los de cereales.

Rangos

	Ingrediente	N	Rango promedio	Suma de rangos
Potasio	Trigo	49	38,41	1882,00
	Cereales	27	38,67	1044,00
	Total	76		

Estadísticos de contraste(a)

	K
U de Mann-Whitney	657,000
W de Wilcoxon	1882,000
Z	-,049
Sig. asintót. (bilateral)	,961

a Variable de agrupación: ingrediente

TABLA XLIII

Prueba de Mann-Whitney para comparar los niveles de potasio entre los gofios elaborados con trigo y los de millo canario.

Rangos

	Ingrediente	N	Rango promedio	Suma de rangos
Potasio	Trigo	49	34,55	1693,00
	Millo canario	15	25,80	387,00
	Total	64		

Estadísticos de contraste^a

	K
U de Mann-Whitney	267,000
W de Wilcoxon	387,000
Z	-1,593
Sig. asintót. (bilateral)	,111

a. Variable de agrupación: ingrediente

TABLA XLIV

Prueba de Mann-Whitney para comparar los niveles de potasio entre los gofios elaborados con trigo y los de trigo-millo.

Rangos

	Ingrediente	N	Rango promedio	Suma de rangos
Potasio	Trigo	49	38,78	1900,00
	Trigo-millo	23	31,65	728,00
	Total	72		

Estadísticos de contraste^a

	K
U de Mann-Whitney	452,000
W de Wilcoxon	728,000
Z	-1,347
Sig. asintót. (bilateral)	,178

a. Variable de agrupación: ingrediente

TABLA XLV

Prueba de Mann-Whitney para comparar los niveles de potasio entre los gofios elaborados con millo canario y los de cereales.

Rangos

	ingrediente	N	Rango promedio	Suma de rangos
Potasio	Millo canario	15	18,07	271,00
	Cereales	27	23,41	632,00
	Total	42		

Estadísticos de contraste^a

	K
U de Mann-Whitney	151,000
W de Wilcoxon	271,000
Z	-1,352
Sig. asintót. (bilateral)	,176

a. Variable de agrupación: ingrediente

TABLA XLVI

Prueba de Mann-Whitney para comparar los niveles de potasio entre los gofios elaborados con trigo-millo y los de cereales.

Rangos

	Ingrediente	N	Rango promedio	Suma de rangos
Potasio	Millo canario	15	18,07	271,00
	Cereales	27	23,41	632,00
	Total	42		

Estadísticos de contraste^a

	K
U de Mann-Whitney	260,000
W de Wilcoxon	536,000
Z	-,983
Sig. asintót. (bilateral)	,326

a. Variable de agrupación: ingrediente

Respecto a los grupos poblacionales de los gofios de millo canario y trigo-millo que siguen una distribución normal, y con el fin de verificar si las medias para ambos grupos son iguales o difieren entre ambos gofios, se ha recurrido a la Prueba T de homogeneidad de varianza (tabla XLVII). Teniendo en cuenta que el nivel crítico es 0,134, claramente mayor que 0,05, se puede aceptar la hipótesis de igualdad de varianza, por lo que tenemos que estudiar los resultados del contraste de comparación de medias que hay en “*se han asumido varianzas iguales*”. El nivel crítico es de 0,924 y por tanto mayor que 0,05, por lo que no podemos rechazar la

hipótesis de igualdad de medias y, consecuentemente, concluir que los niveles de potasio entre los gofios de trigo y trigo-millo son los mismos.

TABLA XLVII
Prueba T para los gofios de millo canario y de trigo-millo.

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Potasio	Se han asumido varianzas iguales	2,355	,134	,096	36	,924	12,497832	130,564275	-252,299	277,2945
	No se han asumido varianzas iguales			,087	21,519	,931	12,497832	142,987537	-284,425	309,4207

5.8.3. Niveles de calcio en función del tipo de gofio.

En la tabla XLVIII se observan los datos relativos a los niveles de calcio de los gofios en los que se han analizado mayor número de muestras, en general este mineral se encuentra bien representado en el alimento, pues su concentración suele ser alta en los cereales de partida. El trigo es el que presenta mayores niveles, si bien las concentraciones halladas son las que poseen una mayor desviación estándar (66,5).

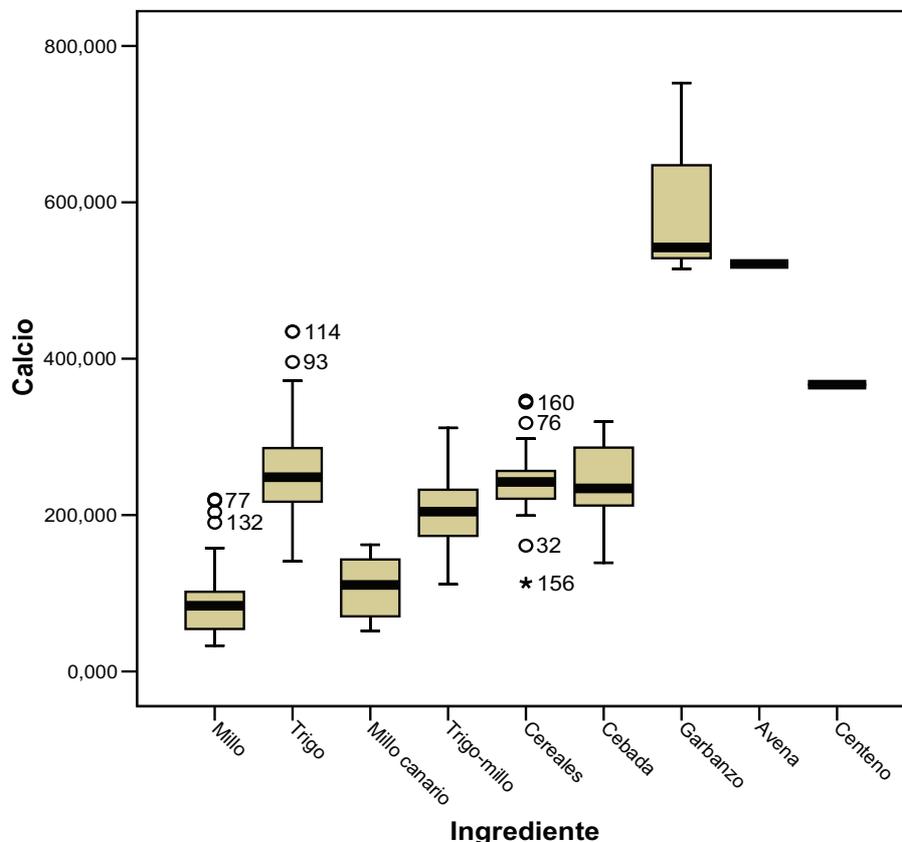
TABLA XLVIII

Niveles de calcio para los gofios de millo, trigo, millo canario, trigo-millo y cereales.

Tipo de gofio	Intervalo	Media ± desviación estándar	Intervalo de confianza para la media al 95%	Asimetría	Curtosis	Error típico
Millo	33,0 – 220	90,3 ± 44,3	79,3 – 101	1,18	1,21	5,49
Trigo	141 – 435	259 ± 66,5	239 – 278	0,85	0,78	9,50
Millo canario	51,8 – 162	106 ± 40,5	83,8 – 129	0,07	-1,86	10,5
Trigo-millo	111 – 311	203 ± 47,8	183 – 224	0,09	0,01	9,97
Cereales	113 – 346	238 ± 54,6	216 – 259	-0,30	1,21	10,5

FIGURA 52

Diagrama de cajas para los niveles de calcio según los ingredientes utilizados.



En la figura 52 se representan mediante diagrama de cajas los resultados expuestos en la tabla XLVIII acompañados de los niveles para los gofios de garbanzo, avena y centeno, cuyos valores se pueden observar en la tabla XXXII de la página 117.

Igual que en el estudio anterior, para evaluar otros elementos, se procedió a realizar la prueba de Kruskal-Wallis para los 5 grupos de gofios más representativos (tabla XLIX), pues no es posible compararlos mediante pruebas lineales como pudieran ser las Prueba T o ANOVA, ya que es únicamente el grupo de gofios de trigo-millo el que posee una distribución normal (tabla XXXIII). La citada prueba muestra que existen diferencias significativas entre ellos, si bien tras realizar las pruebas de Mann-Whiney, las cuales no se exponen, se observaron que todos los grupos de gofios no eran los mismos en cuanto a niveles de calcio se refiere, exceptuando el “gofio de mijo” con el de “mijo de origen canario” entre los cuales no hay diferencias. Tampoco se pudieron observar diferencias entre los gofios de cereales y los de trigo.

TABLA XLIX

Prueba Kruskal-Wallis para los distintos niveles de calcio en función del ingrediente utilizado para la elaboración del gofio.

Rangos

	Ingrediente	Número de muestras	Rango promedio
Calcio	Millo	66	41,65
	Trigo	49	137,39
	Millo Canario	15	52,13
	Trigo-Millo	23	108,83
	Cereales	27	130,52
	Total	180	

Estadísticos de contraste^{a,b}

	Calcio
Chi-cuadrado	124,588
gl	4
Sig. asintót.	,000

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: ingrediente

5.8.4. Niveles de magnesio en función del tipo de gofio.

La tabla L recoge los resultados del magnesio de los gofios en función de los ingredientes utilizados para su elaboración, en la figura 53 se representan gráficamente los mismos resultados mediante un diagrama de cajas.

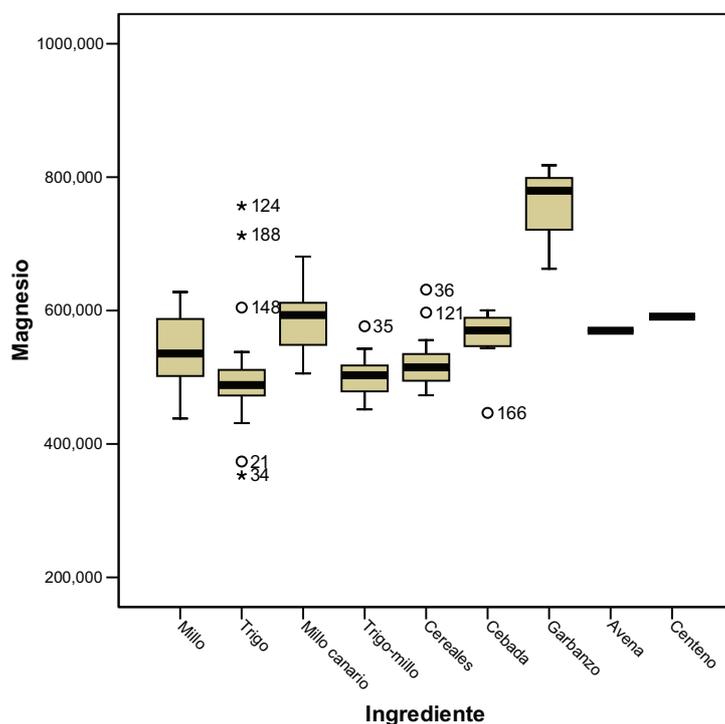
TABLA L

Niveles de magnesio para los gofios de millo, trigo, millo canario, trigo-millo y cereales.

Tipo de gofio	Intervalo	Media \pm desviación estándar	Intervalo de confianza para la media al 95%	Asimetría	Curtosis	Error típico
Millo	438 – 628	541 \pm 49,4	529 – 553	-0,088	0,77	1,37
Trigo	352 - 757	495 \pm 63,6	477 – 513	2,02	7,97	9,09
Millo canario	506 - 681	581 \pm 47,9	555 – 608	0,28	-0,33	12,4
Trigo-millo	452 – 576	500 \pm 29,7	488 – 513	0,58	0,49	6,19
Cereales	473 - 631	519 \pm 35,9	505 - 533	1,44	2,83	6,91

FIGURA 53

Diagrama de cajas para los niveles de magnesio según los ingredientes utilizados.



El gofio de trigo es el que presenta una mayor amplitud de su intervalo, 352-757 mg/Kg, si bien, como se puede observar en la figura 53 existen 3 muestras que presentan valores aislados.

Como se puede observar en la tabla XXXIII de la página 120, los grupos de gofios que sus niveles siguen una distribución normal son los de millo canario y trigo-millo, por lo que se realiza la prueba de Kruskal-Wallis con el objeto de verificar si entre todos existen diferencias significativas. En la tabla LI se exponen los resultados de la prueba, observándose que al ser su nivel crítico menor que 0,05 se puede afirmar que los grupos de los distintos gofios presentan diferencias en sus niveles de magnesio.

No obstante, realizando la prueba de Mann-Whiney entre todos los grupos se encontraron diferencias de los niveles de magnesio excepto para los gofios de trigo y trigo-millo y entre los gofios de trigo-millo con los de cereales. Igualmente se encontraron diferencias significativas entre los gofios de millo y los que utilizaron millo canario como materia prima. Se utilizó la prueba T para estudiar las diferencias entre los gofios de millo canario y trigo-millo, pudiéndose concluir que las concentraciones de magnesio para esos dos grupos de gofios no son las mismas (tabla LII).

TABLA LI

Prueba Kruskal-Wallis para los distintos niveles de magnesio en función del ingrediente utilizado para la elaboración del gofio.

Rangos

	Ingrediente	Número de muestras	Rango promedio
Magne-sio	Millo	65	110,04
	Trigo	49	57,55
	Millo Canario	15	144,67
	Trigo-Millo	23	67,57
	Cereales	27	89,39
	Total	179	

Estadísticos de contraste^{a,b}

	Magnesio
Chi-cuadrado	49,947
gl	4
Sig. asintót.	,000

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: ingrediente

TABLA LII

Prueba T para los gofios de millo canario y de trigo-millo.

Prueba de muestras independientes

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas	Prueba T para la igualdad de medias								
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Magne-sio	Se han asumido varianzas iguales	6,072	,019	6,464	36	,000	81,159342	12,555770	55,695059	106,6236
	No se han asumido varianzas iguales			5,868	21,060	,000	81,159342	13,830964	52,401273	109,9174

5.8.5. Efectos de los tratamientos en los niveles de sodio, potasio, calcio y magnesio.

En este apartado se ha estudiado si hay diferencias en los niveles de concentración de los metales cuando al gofio se le adiciona sal, después de haberlo tamizado, o bien si ha influido que los cereales de partida se hayan sometidos a una mayor intensidad de tueste.

Los resultados se han expresado en forma de tablas en las que se pueden observar el número de muestras sometidas o no a estos tratamientos y los resultados estadísticos; media y error típico de la media, que nos informan sobre la tendencia central de los datos y el error producido; y desviación estándar con los valores mínimo y máximo. Estos últimos datos señalados nos pueden dar una idea de la localización de la distribución de frecuencias y de la dispersión o variabilidad de los valores en torno a la media.

Las variaciones de la concentración de sodio en función de la adición de sal marina o no, fue estudiada en el apartado anterior, por lo que en estos momentos corresponde determinar los niveles de este elemento en función del grado de tueste o de haberle realizado una tamización posterior al producto final. Por ello, la tabla LIII en la que se exponen los efectos de la adición de sal teniendo en cuenta la totalidad de los gofios estudiados, únicamente señala las concentraciones para el potasio, calcio y magnesio. Sin embargo, en las tablas LIV y LV, realizadas a partir

del estudio de las mismas muestras, se observa la influencia en las concentraciones de sodio, potasio, calcio y magnesio, debida a la tamización y al grado de tueste al que se han sometido los cereales de partida.

TABLA LIII

Concentraciones de potasio, calcio y magnesio teniendo en cuenta la adición o no de sal marina.

Resúmenes de casos

Adición de sal		Potasio	Calcio	Magnesio
Sin adición de sal.	N	66	66	66
	Media	2093,480	117,05074	543,29673
	Error típ. de la media	86,098359	10,197014	7,269917
	Desv. típ.	699,4664	82,840936	59,061083
	Mínimo	1231,819	33,000	373,592
	Máximo	4101,543	434,783	712,505
Con adición de sal.	N	126	127	126
	Media	1955,904	222,23328	521,55174
	Error típ. de la media	57,631201	9,184794	5,693859
	Desv. típ.	646,9086	103,5074	63,913405
	Mínimo	1166,368	51,365	352,900
	Máximo	6666,667	752,495	817,710
Total	N	192	193	192
	Media	2003,195	186,26412	529,02658
	Error típ. de la media	48,124906	7,837968	4,545884
	Desv. típ.	666,8383	108,8885	62,989621
	Mínimo	1166,368	33,000	352,900
	Máximo	6666,667	752,495	817,710

TABLA LIV

Concentraciones de sodio, potasio, calcio y magnesio teniendo cuenta si el gofio ha sido sometido a tamización.

Resúmenes de casos

Tamiza		Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio
No	N	155	155	156	155
	Media	893,24695	2009,202	186,81722	527,46250
	Error típ. de la media	57,935782	48,052885	8,191943	4,804958
	Desv. típ.	721,2947	598,2536	102,3173	59,821241
	Mínimo	21,478	1166,368	33,000	352,900
	Máximo	2932,083	4499,900	542,232	817,710
Si	N	38	37	37	37
	Media	672,92042	1978,032	183,93216	535,57878
	Error típ. de la media	109,5896	149,5384	22,151032	12,398542
	Desv. típ.	675,5560	909,6067	134,7395	75,417386
	Mínimo	19,354	1355,268	40,090	438,750
	Máximo	2251,672	6666,667	752,495	779,691
Total	N	193	192	193	192
	Media	849,86660	2003,195	186,26412	529,02658
	Error típ. de la media	51,554091	48,124906	7,837968	4,545884
	Desv. típ.	716,2123	666,8383	108,8885	62,989621
	Mínimo	19,354	1166,368	33,000	352,900
	Máximo	2932,083	6666,667	752,495	817,710

TABLA LV

Concentraciones de sodio, potasio, calcio y magnesio considerando el efecto de la utilización de cereales sometidos a mayor grado de tueste.

Resúmenes de casos

Tuest		Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio
Normal	N	164	164	165	164
	Media	939,46076	1961,959	198,08912	530,03034
	Error típ. de la media	56,288363	48,888991	8,564587	5,124787
	Desv. típ.	720,8428	626,0846	110,0141	65,629292
	Mínimo	21,478	1166,368	34,280	352,900
	Máximo	2932,083	6666,667	752,495	817,710
Tosta- do	N	29	28	28	28
	Media	343,19614	2244,721	116,58111	523,14743
	Error típ. de la media	78,705854	159,0618	13,241112	8,500076
	Desv. típ.	423,8440	841,6761	70,065377	44,978174
	Mínimo	19,354	1231,819	33,000	440,825
	Máximo	1898,842	4101,543	272,954	620,509
Total	N	193	192	193	192
	Media	849,86660	2003,195	186,26412	529,02658
	Error típ. de la media	51,554091	48,124906	7,837968	4,545884
	Desv. típ.	716,2123	666,8383	108,8885	62,989621
	Mínimo	19,354	1166,368	33,000	352,900
	Máximo	2932,083	6666,667	752,495	817,710

Evaluando las concentraciones expuestas en las tablas LIII, LIV y LV, y teniendo en cuenta que las desviaciones estándar en cada uno de los grupos de muestras son considerablemente altas, se hace bastante complicado poder afirmar que las variaciones de las concentraciones de los metales estudiados se deben únicamente a la adición de sal, la tamización o el grado de tueste. Por ello, y con el objeto de disminuir los posibles sesgos en el análisis de los datos, se observan en las figuras de la 54 a la 56, mediante barras de error, las concentraciones de cada uno de los metales considerando de forma conjunta, los cereales utilizados como materias primas y el tratamiento al que se ha sometido el gofio. Asimismo, en las tablas LVI a la LVIII se exponen los resultados estadísticos teniendo en cuenta esa misma consideración.

La utilización de las barras de error, con las medias de cada grupo y sus correspondientes intervalos de confianza sirven para hacerse una idea sobre el grado de parecido existente entre las medias de los grupos que se quieren comparar, ya que el hecho de que los intervalos de confianza no se solapen indica que los promedios podrían ser significativamente distintos, si bien se debe considerar que los mismos están calculados individualmente y no reflejan diferencias reales (Pardo y Ruíz, 2005).

FIGURA 54

Concentraciones de potasio teniendo en cuenta la adición o no de sal marina.

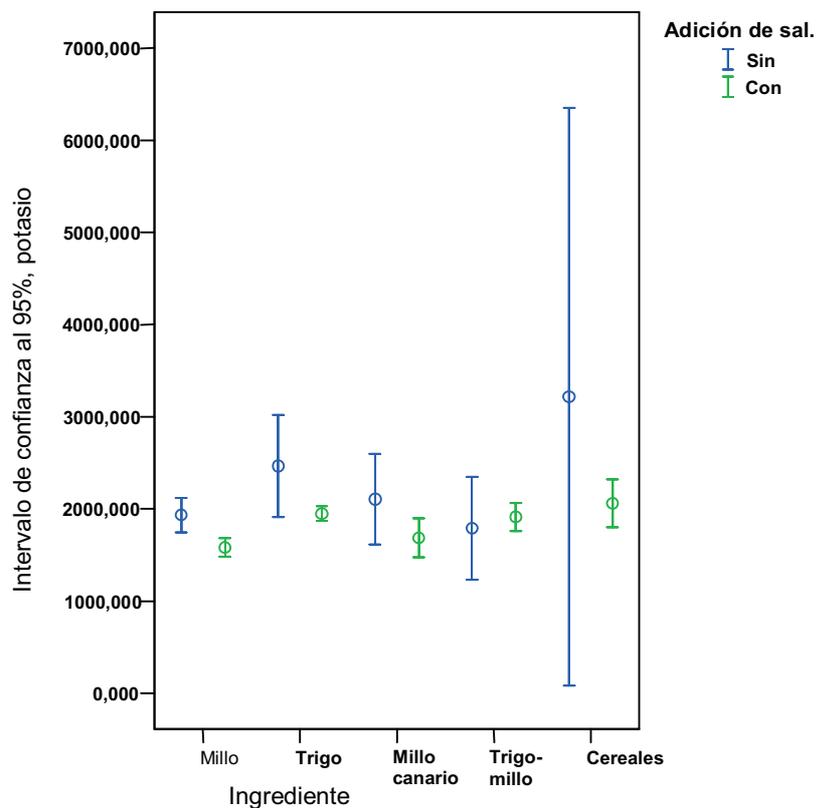


FIGURA 55

Concentraciones de calcio teniendo en cuenta la adición o no de sal marina.

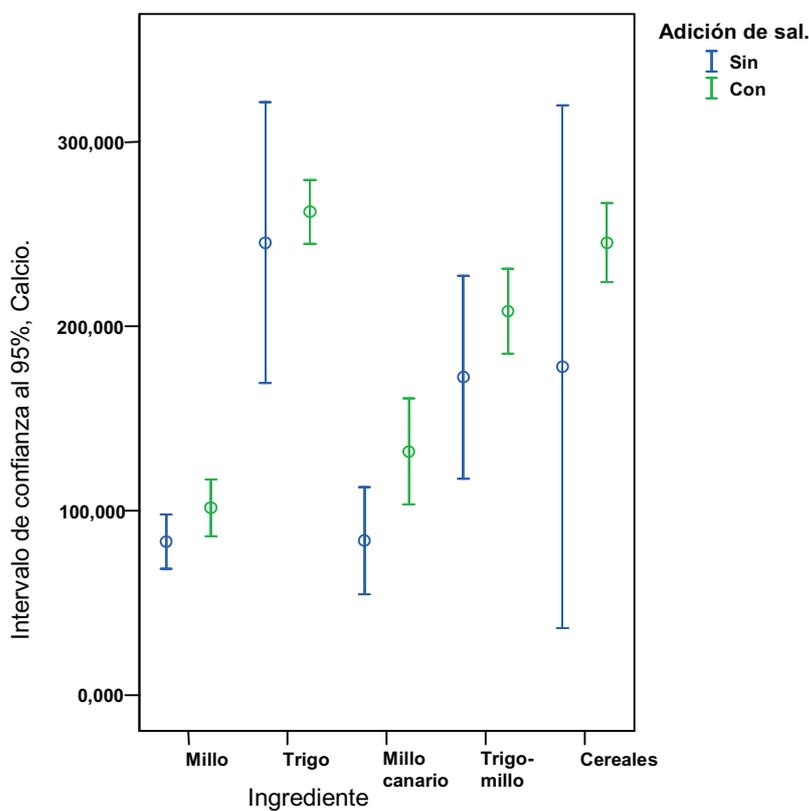


FIGURA 56

Concentraciones de magnesio teniendo en cuenta la adición o no de sal marina.

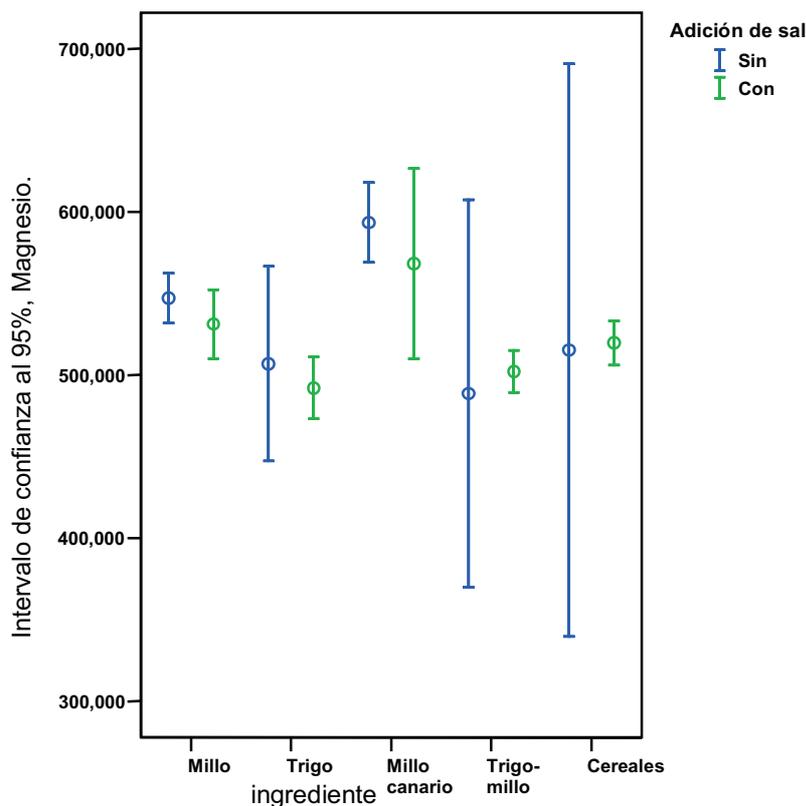


TABLA LVI

Concentraciones de potasio en función de la adición de sal y considerando los ingredientes utilizados.

K

Ingrediente	Adición de sal	Número de muestras	Media	Error típ. de la media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Millo	Sin	41	1933,978	92,963633	595,2577	1231,819	3457,925
	Con	24	1581,122	47,492249	232,6636	1166,368	2162,910
	Total	65	1803,693	64,493522	519,9634	1166,368	3457,925
Trigo	Sin	10	2465,716	244,078088	771,8427	1743,884	3884,899
	Con	39	1947,639	39,535976	246,9021	1480,982	2450,530
	Total	49	2053,369	64,597307	452,1811	1480,982	3884,899
Millo canario	Sin	8	2104,299	207,824234	587,8157	1330,452	3036,498
	Con	7	1686,017	86,585325	229,0832	1464,914	2102,499
	Total	15	1909,100	126,993607	491,8441	1330,452	3036,498
Trigo-millo	Sin	3	1791,137	129,746149	224,7269	1621,628	2046,045
	Con	20	1912,422	73,369281	328,1174	1323,266	2514,704
	Total	23	1896,602	65,711944	315,1434	1323,266	2514,704
Cereales	Sin	3	3217,527	728,242579	1261,353	1773,073	4101,543
	Con	24	2060,864	124,203110	608,4685	1419,013	4343,697
	Total	27	2189,382	147,462189	766,2360	1419,013	4343,697
Total	Sin	65	2089,395	87,334819	704,1158	1231,819	4101,543
	Con	114	1872,071	37,195176	397,1358	1166,368	4343,697
	Total	179	1950,988	40,206534	537,9268	1166,368	4343,697

TABLA LVII

Concentraciones de calcio en función de la adición de sal y considerando los ingredientes utilizados.

Ca

Ingrediente	Adición de sal	Número de muestras	Media	Error típ. de la media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Millo	Sin	41	83,20661	7,279576	46,612030	33,000	220,060
	Con	25	101,59884	7,468782	37,343910	51,365	203,892
	Total	66	90,17336	5,411513	43,963337	33,000	220,060
Trigo	Sin	10	245,37090	33,632482	106,3552	140,813	434,783
	Con	39	262,16405	8,541767	53,343318	163,322	395,709
	Total	49	258,73688	9,497961	66,485725	140,813	434,783
Millo canario	Sin	8	83,71038	12,313246	34,827119	51,850	156,163
	Con	7	132,03043	11,768272	31,135921	70,979	162,057
	Total	15	106,25973	10,470789	40,553193	51,850	162,057
Trigo-millo	Sin	3	172,40767	12,782450	22,139854	149,355	193,505
	Con	20	208,21755	10,994231	49,167695	111,434	311,495
	Total	23	203,54670	9,966087	47,795674	111,434	311,495
Cereales	Sin	3	178,05933	32,986791	57,134798	113,339	221,503
	Con	24	245,35625	10,340271	50,656774	113,044	346,396
	Total	27	237,87881	10,515642	54,640880	113,044	346,396
Total	Sin	65	116,71175	10,349393	83,439477	33,000	434,783
	Con	115	206,44768	7,428425	79,660979	51,365	395,709
	Total	180	174,04304	6,830870	91,645743	33,000	434,783

TABLA LVIII

Concentraciones de magnesio en función de la adición de sal y considerando los ingredientes utilizados.

Mg

Ingrediente	Adición de sal	Número de muestras	Media	Error típ. de la media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Millo	Sin	41	547,10432	7,625170	48,824909	438,173	620,509
	Con	24	531,23767	10,188640	49,913936	460,592	627,750
	Total	65	541,24586	6,132907	49,445079	438,173	627,750
Trigo	Sin	10	506,88270	26,379983	83,420829	373,592	712,505
	Con	39	492,01503	9,365097	58,485012	352,900	756,671
	Total	49	495,04924	9,090661	63,634625	352,900	756,671
Millo canario	Sin	8	593,46337	10,284209	29,088135	544,725	629,674
	Con	7	568,18057	23,808661	62,991795	505,741	680,819
	Total	15	581,66473	12,366825	47,896508	505,741	680,819
Trigo-millo	Sin	3	488,66833	27,603619	47,810871	451,864	542,707
	Con	20	502,28095	6,145941	27,485482	460,467	576,386
	Total	23	500,50539	6,193319	29,702113	451,864	576,386
Cereales	Sin	3	515,32667	40,816965	70,697057	472,932	596,940
	Con	24	519,69933	6,521604	31,949205	478,007	631,311
	Total	27	519,21348	6,910542	35,908229	472,932	631,311
Total	Sin	65	542,45840	7,333386	59,123648	373,592	712,505
	Con	114	512,57857	4,815700	51,417602	352,900	756,671
	Total	179	523,42879	4,190192	56,060955	352,900	756,671

Según se puede desprender de la figura 54, los niveles de potasio parecen ser mayores en aquellos gofios a los que se les ha adicionado sal, excepto para el gofio de trigo-millo en el que las concentraciones se muestran de forma inversa. No obstante, a la vista de los resultados no podemos concluir que la adición de sal afecte los niveles de potasio en los gofios pudiendo atribuir las variaciones observadas al azar.

Para el calcio la adición de sal en los gofios supone un incremento de los niveles para todos los tipos de gofios, según se puede observar en la figura 55. Sin embargo, sorprende que para el gofio de trigo-millo, y a pesar de que las medias obtenidas son mayores en los gofios a los que se les ha adicionado sal, el valor mínimo sea más alto 149,3 mg/Kg, pues es superior que el obtenido en aquellos gofios a los que no se les ha adicionado sal (tabla LVII).

Los resultados para el magnesio expuestos en la figura 56 y en la tabla LVIII nos permiten deducir que no se puede concluir que la adición de sal afecte los niveles de este metal en los gofios estudiados.

Respecto a los efectos de realizar una tamización del gofio una vez que éste se ha elaborado, según se puede apreciar en las tablas LIX a la LXII debido al pequeño número de muestras para los distintos grupos de gofios no se puede establecer "a priori" que existan diferencias y mucho menos valorar las mismas si éstas existieran, excepto para el gofio de millo para el cual se analizaron 50 muestras de gofios sin tamización posterior y 15 gofios a los que si se les realizó tal operación. Igualmente se observa que no se estudió ninguna muestra de gofio elaborado con millo de origen canario.

En las figuras 57 a la 60 representadas mediante diagramas de barras de error, se muestran los resultados de las tablas anteriormente comentadas. Considerando únicamente el gofio de millo se observa que los niveles de sodio, potasio y calcio son mayores en el gofio sin tamizar, sin embargo para el magnesio ocurre lo contrario. Este hecho pudiera ser debido a que al eliminarse las partículas más gruesas, que serían fundamentalmente las cascarillas del cereal, se pierden los minerales que con mayor concentración se encuentran en ella, lo que daría lugar a que la concentración mineral en el gofio tamizado sea más baja. No obstante, en las figuras anteriormente señaladas los intervalos de confianza para los elementos minerales en el gofio de millo, se encuentran solapados, por lo que a pesar de verse "a priori" que los niveles son mayores en aquellos gofios no tamizados, parecen sugerir que esas diferencias no son significativas.

Destaca en la tabla LXI el valor mínimo de 33 mg/Kg, que se observa para el calcio en los gofios sin tamizar que es más bajo que para los gofios tamizados, este valor puede ser debido a un error en la toma de muestras, por lo que convendría realizar un estudio con mayor número de muestras al objeto de verificar si afecta el tamizado disminuyendo los niveles de calcio en los gofios de millo.

Otro aspecto que merece ser comentado son los niveles de magnesio ya que tanto en la figura 60 como en la tabla LXII se puede observar que los mismos muestran un comportamiento distinto al observado para los demás metales, pues en los gofios sin tamizar los niveles de magnesio son más bajos. Este comportamiento tiene difícil explicación, ya que resulta ilógico, pudiendo ser el azar el responsable de tales resultados.

FIGURA 57

Concentraciones de sodio teniendo en cuenta la tamización posterior del gofio.

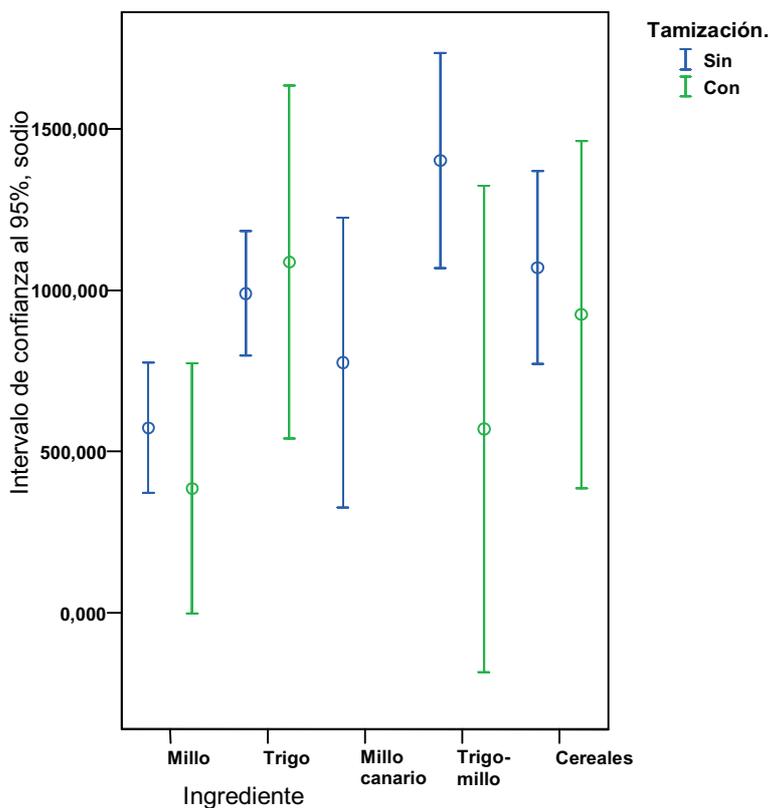


FIGURA 58

Concentraciones de potasio teniendo en cuenta la tamización posterior del gofio.

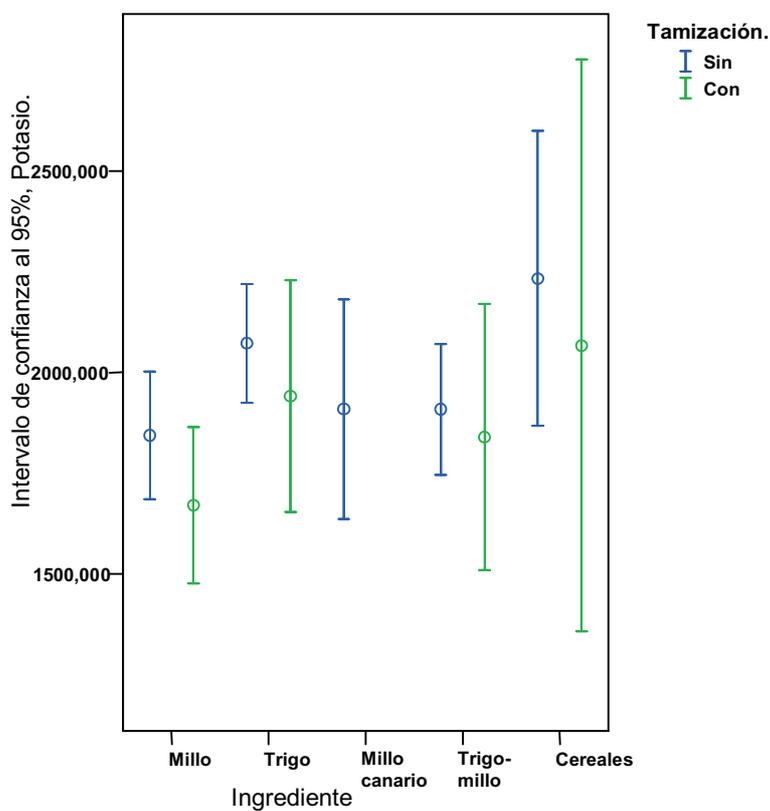


FIGURA 59

Concentraciones de calcio teniendo en cuenta la tamización posterior del gofio.

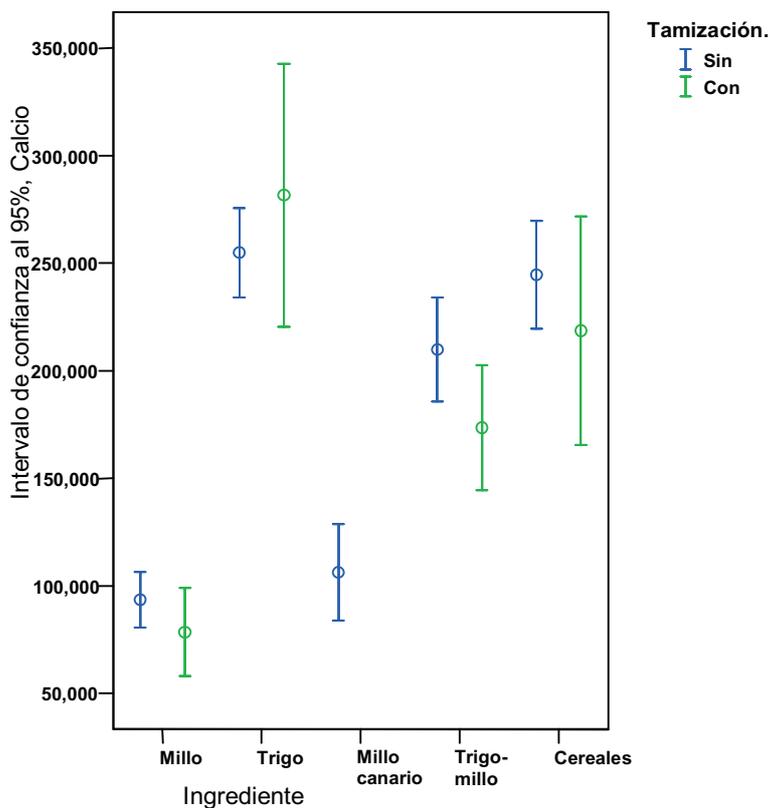


FIGURA 60

Concentraciones de magnesio teniendo en cuenta la tamización posterior del gofio.

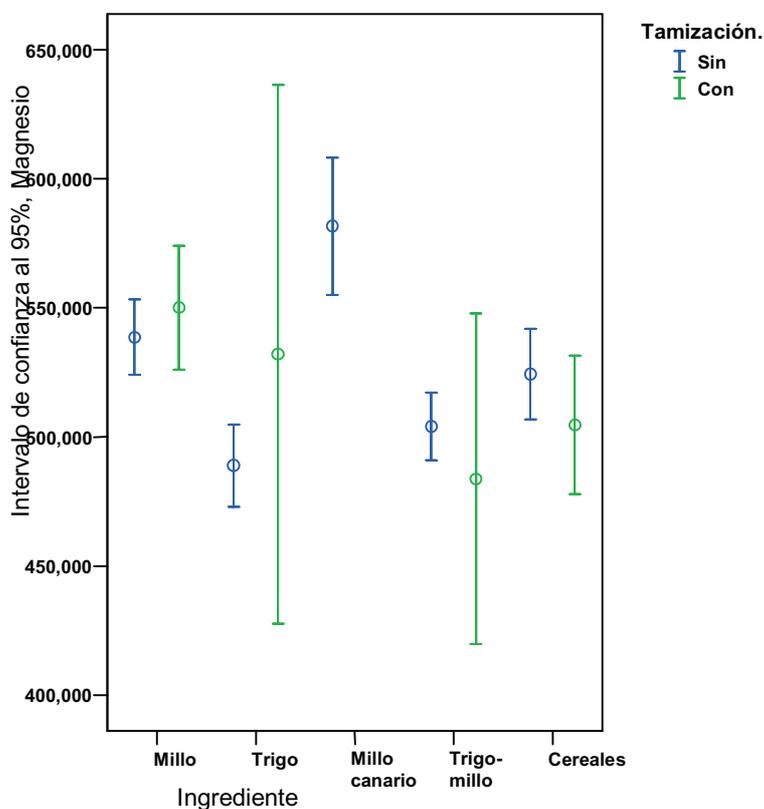


TABLA LIX

Concentraciones de sodio en función de la tamización y considerando los ingredientes utilizados.

Na

Ingrediente	Tamización	Número de muestras	Media	Error típ. de la media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Millo	Sin	50	572,88110	100,459744	710,3577	21,478	2932,083
	Con	15	385,20500	180,900722	700,6255	19,354	2251,672
	Total	65	529,57123	87,711926	707,1562	19,354	2932,083
Trigo	Sin	42	988,99431	95,515265	619,0097	45,883	2546,181
	Con	8	1086,640	231,584488	655,0198	192,453	2213,759
	Total	50	1004,618	87,545957	619,0434	45,883	2546,181
Millo canario	Sin	15	775,29447	209,631661	811,8999	24,497	2538,984
	Total	15	775,29447	209,631661	811,8999	24,497	2538,984
Trigo-millo	Sin	19	1401,998	158,700949	691,7614	446,553	2876,945
	Con	4	569,58175	236,682375	473,3647	32,130	1090,250
	Total	23	1257,230	151,249539	725,3673	32,130	2876,945
Cereales	Sin	20	1069,444	142,888032	639,0147	100,027	2699,190
	Con	7	924,76400	219,903803	581,8108	434,869	1869,639
	Total	27	1031,934	118,742322	617,0032	100,027	2699,190
Total	Sin	146	889,30191	60,426095	730,1313	21,478	2932,083
	Con	34	683,02556	118,190079	689,1607	19,354	2251,672
	Total	180	850,33860	54,054950	725,2233	19,354	2932,083

TABLA LX

Concentraciones de potasio en función de la tamización y considerando los ingredientes utilizados.

K

Ingrediente	Tamización	Número de muestras	Media	Error típ. de la media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Millo	Sin	50	1843,613	78,871346	557,7046	1166,368	3457,925
	Con	15	1670,627	90,427534	350,2243	1355,268	2812,344
	Total	65	1803,693	64,493522	519,9634	1166,368	3457,925
Trigo	Sin	42	2072,096	72,829782	471,9909	1480,982	3884,899
	Con	7	1941,003	117,265296	310,2548	1608,104	2427,363
	Total	49	2053,369	64,597307	452,1811	1480,982	3884,899
Millo canario	Sin	15	1909,100	126,993607	491,8441	1330,452	3036,498
	Total	15	1909,100	126,993607	491,8441	1330,452	3036,498
Trigo-millo	Sin	19	1908,629	77,234566	336,6577	1323,266	2514,704
	Con	4	1839,478	103,700818	207,4016	1621,628	2046,045
	Total	23	1896,602	65,711944	315,1434	1323,266	2514,704
Cereales	Sin	20	2232,456	174,649234	781,0551	1419,013	4343,697
	Con	7	2066,314	289,952186	767,1414	1482,396	3777,966
	Total	27	2189,382	147,462189	766,2360	1419,013	4343,697
Total	Sin	146	1977,796	45,654160	551,6413	1166,368	4343,697
	Con	33	1832,380	80,323430	461,4230	1355,268	3777,966
	Total	179	1950,988	40,206534	537,9268	1166,368	4343,697

TABLA LXI

Concentraciones de calcio en función de la tamización y considerando los ingredientes utilizados.

Ca

Ingrediente	Tamización	Número de muestras	Media	Error típ. de la media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Millo	Sin	51	93,60567	6,381109	45,570236	33,000	220,060
	Con	15	78,50353	9,550484	36,988864	40,090	139,885
	Total	66	90,17336	5,411513	43,963337	33,000	220,060
Trigo	Sin	42	254,91821	10,270264	66,558919	140,813	434,783
	Con	7	281,64886	25,002875	66,151388	192,150	371,750
	Total	49	258,73688	9,497961	66,485725	140,813	434,783
Millo canario	Sin	15	106,25973	10,470789	40,553193	51,850	162,057
	Total	15	106,25973	10,470789	40,553193	51,850	162,057
Trigo-millo	Sin	19	209,86847	11,457533	49,942229	111,434	311,495
	Con	4	173,51825	9,106531	18,213063	149,355	193,505
	Total	23	203,54670	9,966087	47,795674	111,434	311,495
Cereales	Sin	20	244,60915	11,964108	53,505118	113,339	346,396
	Con	7	218,64929	21,678794	57,356698	113,044	297,726
	Total	27	237,87881	10,515642	54,640880	113,044	346,396
Total	Sin	147	176,55805	7,491297	90,827145	33,000	434,783
	Con	33	162,83979	16,682804	95,835411	40,090	371,750
	Total	180	174,04304	6,830870	91,645743	33,000	434,783

TABLA LXII

Concentraciones de magnesio en función de la tamización y considerando los ingredientes utilizados.

Mg

Ingrediente	Tamización	Número de muestras	Media	Error típ. de la media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Millo	Sin	50	538,59902	7,252638	51,283895	438,173	623,626
	Con	15	550,06867	11,143745	43,159538	488,133	627,750
	Total	65	541,24586	6,132907	49,445079	438,173	627,750
Trigo	Sin	42	488,87964	7,871323	51,012001	352,900	712,505
	Con	7	532,06686	42,674722	112,9067	438,750	756,671
	Total	49	495,04924	9,090661	63,634625	352,900	756,671
Millo canario	Sin	15	581,66473	12,366825	47,896508	505,741	680,819
	Total	15	581,66473	12,366825	47,896508	505,741	680,819
Trigo-millo	Sin	19	504,03258	6,209704	27,067473	460,467	576,386
	Con	4	483,75125	20,128527	40,257054	451,864	542,707
	Total	23	500,50539	6,193319	29,702113	451,864	576,386
Cereales	Sin	20	524,32700	8,345044	37,320169	476,108	631,311
	Con	7	504,60343	10,958994	28,994774	472,932	555,556
	Total	27	519,21348	6,910542	35,908229	472,932	631,311
Total	Sin	146	522,26730	4,490105	54,254146	352,900	712,505
	Con	33	528,56748	11,161105	64,115665	438,750	756,671
	Total	179	523,42879	4,190192	56,060955	352,900	756,671

En cuanto a las variaciones de los niveles de minerales en los gofios obtenidos a partir de cereales con distintos grados de tueste, los resultados se encuentran expuestos en las figuras 61 a la 64 y en las tablas LXIII a la LXVI. Como se puede observar en las tablas, este estudio cuenta con las mismas limitaciones que las señaladas para el efecto de la tamización, ya que no existen muestras ni de millo canario ni de trigo-millo, a cuyos cereales de partida se les haya realizado un mayor tueste. Para los gofios de trigo solamente existen 7 muestras, y para los procedentes de cereales únicamente una muestra tiene la condición de mayor tueste, por tanto únicamente estamos en disposición de poder estudiar las variaciones que pudieran producirse en los gofios de millo, pues en este grupo se han estudiado 44 muestras obtenidas con cereales sometidos a un tueste normal y 21 muestras sometidas a un mayor grado de tueste.

FIGURA 61

Concentraciones de sodio teniendo en cuenta el grado de tueste de los cereales utilizados.

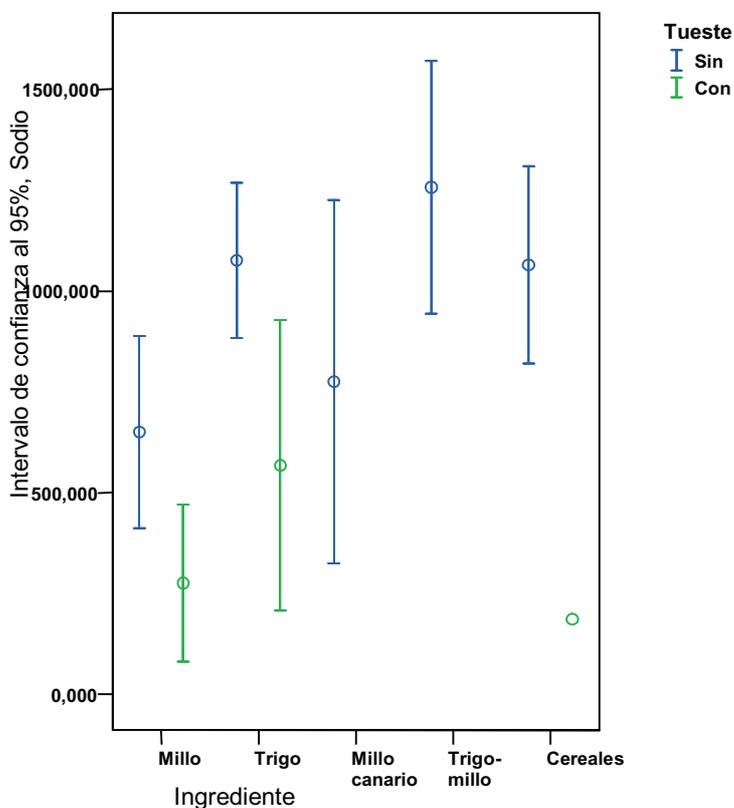


FIGURA 62

Concentraciones de potasio según el grado de tueste de los cereales utilizados.

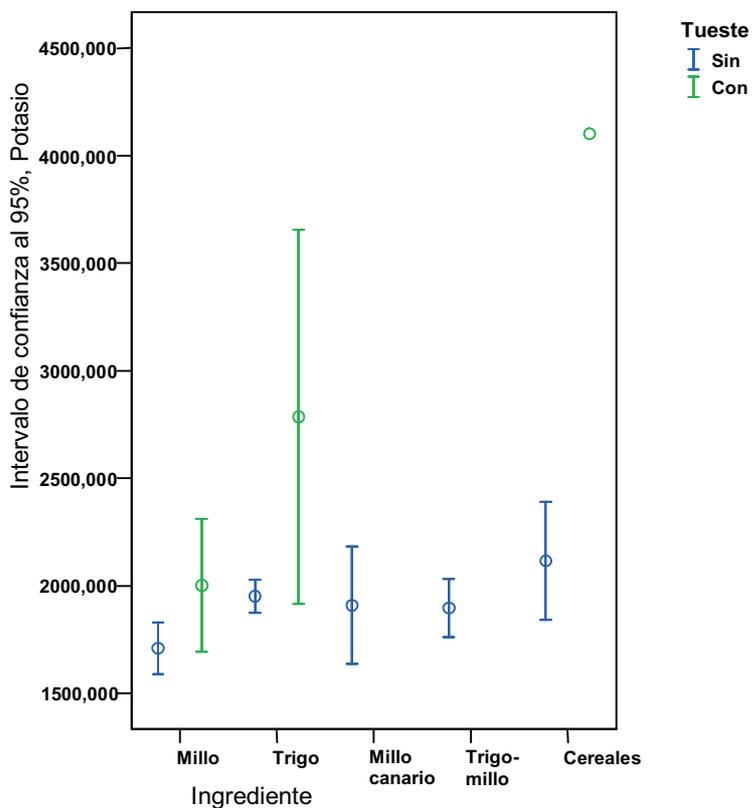


FIGURA 63

Concentraciones de calcio según el grado de tueste de los cereales utilizados.

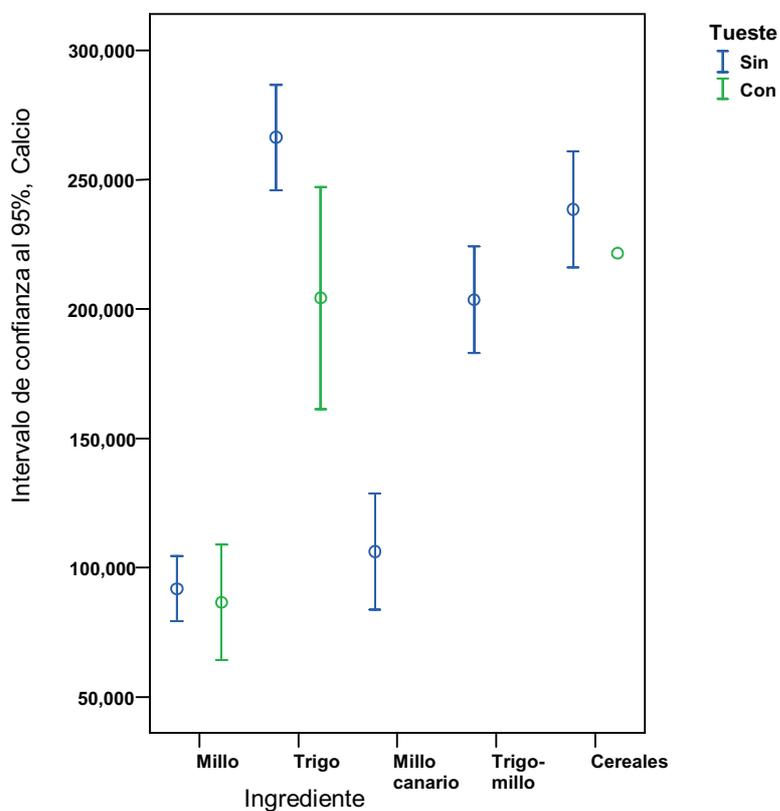
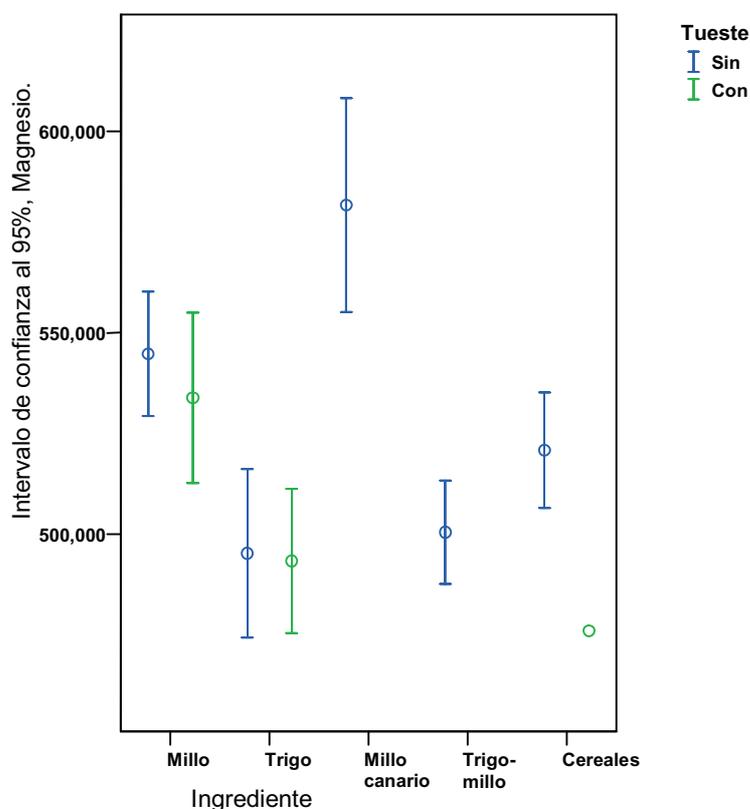


FIGURA 64

Concentraciones de magnesio teniendo en cuenta el grado de tueste de los cereales utilizados.



Según las figuras de la 61 a 64 parece haber mayor concentración media de los metales estudiados en aquellos gofios obtenidos con cereales sin haberse sometido a mayor tueste, excepto para el potasio donde según la figura 62 parece que la media es mayor en el que posee más tueste en los cereales de partida. No obstante, observando las tablas LXIII a la LXVI, no podríamos afirmar que mayor tueste en los cereales de partida haga variar los componentes minerales sodio, potasio, calcio y magnesio, ni aún para el sodio, donde se evidencian las mayores diferencias en cuanto a la media (véase tabla LXIII), ya que si observamos dicha tabla con detenimiento es fácil darse cuenta que el error de la media es extremadamente elevado y que la concentración mínima hallada en los gofios sin mayor tueste (21,48 mg/Kg) difiere relativamente poco del otro grupo de gofios (19,35 mg/Kg).

TABLA LXIII

Concentraciones de sodio en función del grado de tueste y considerando los ingredientes utilizados.

Na

Ingrediente	Tueste	Número de muestras	Media	Error típ. de la media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Millo	Sin	44	650,62189	118,035383	782,9582	21,478	2932,083
	Con	21	275,94129	93,207712	427,1314	19,354	1898,842
	Total	65	529,57123	87,711926	707,1562	19,354	2932,083
Trigo	Sin	43	1075,797	95,036178	623,1939	45,883	2546,181
	Con	7	567,37271	147,180955	389,4042	192,453	1205,637
	Total	50	1004,618	87,545957	619,0434	45,883	2546,181
Millo canario	Sin	15	775,29447	209,631661	811,8999	24,497	2538,984
	Total	15	775,29447	209,631661	811,8999	24,497	2538,984
Trigo-millo	Sin	23	1257,230	151,249539	725,3673	32,130	2876,945
	Total	23	1257,230	151,249539	725,3673	32,130	2876,945
Cereales	Sin	26	1064,458	118,681452	605,1590	100,027	2699,190
	Con	1	186,31200	.	.	186,312	186,312
	Total	27	1031,934	118,742322	617,0032	100,027	2699,190
Total	Sin	151	947,73682	59,513756	731,3173	21,478	2932,083
	Con	29	343,19614	78,705854	423,8440	19,354	1898,842
	Total	180	850,33860	54,054950	725,2233	19,354	2932,083

TABLA LXIV

Concentraciones de potasio en función del grado de tueste y considerando los ingredientes utilizados.

K

Ingrediente	Tueste	Número de muestras	Media	Error típ. de la media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Millo	Sin	44	1709,103	60,047919	398,3128	1166,368	2957,739
	Con	21	2001,882	148,504774	680,5344	1231,819	3457,925
	Total	65	1803,693	64,493522	519,9634	1166,368	3457,925
Trigo	Sin	43	1951,255	38,856581	254,7996	1480,982	2522,730
	Con	6	2785,188	337,933212	827,7639	2001,747	3884,899
	Total	49	2053,369	64,597307	452,1811	1480,982	3884,899
Millo canario	Sin	15	1909,100	126,993607	491,8441	1330,452	3036,498
	Total	15	1909,100	126,993607	491,8441	1330,452	3036,498
Trigo-millo	Sin	23	1896,602	65,711944	315,1434	1323,266	2514,704
	Total	23	1896,602	65,711944	315,1434	1323,266	2514,704
Cereales	Sin	26	2115,837	132,827644	677,2908	1419,013	4343,697
	Con	1	4101,543	.	.	4101,543	4101,543
	Total	27	2189,382	147,462189	766,2360	1419,013	4343,697
Total	Sin	151	1896,520	36,098901	443,5907	1166,368	4343,697
	Con	28	2244,721	159,061841	841,6761	1231,819	4101,543
	Total	179	1950,988	40,206534	537,9268	1166,368	4343,697

TABLA LXV

Concentraciones de calcio en función del grado de tueste y considerando los ingredientes utilizados.

Ca

Ingrediente	Tueste	Número de muestras	Media	Error típ. de la media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Millo	Sin	45	91,86191	6,238456	41,848836	34,280	218,557
	Con	21	86,55505	10,709234	49,075875	33,000	220,060
	Total	66	90,17336	5,411513	43,963337	33,000	220,060
Trigo	Sin	43	266,34872	10,078328	66,088014	140,813	434,783
	Con	6	204,18533	16,723190	40,963283	147,073	272,954
	Total	49	258,73688	9,497961	66,485725	140,813	434,783
Millo canario	Sin	15	106,25973	10,470789	40,553193	51,850	162,057
	Total	15	106,25973	10,470789	40,553193	51,850	162,057
Trigo-millo	Sin	23	203,54670	9,966087	47,795674	111,434	311,495
	Total	23	203,54670	9,966087	47,795674	111,434	311,495
Cereales	Sin	26	238,50865	10,908556	55,622941	113,044	346,396
	Con	1	221,50300	.	.	221,503	221,503
	Total	27	237,87881	10,515642	54,640880	113,044	346,396
Total	Sin	152	184,62813	7,413320	91,397546	34,280	434,783
	Con	28	116,58111	13,241112	70,065377	33,000	272,954
	Total	180	174,04304	6,830870	91,645743	33,000	434,783

TABLA LXVI

Concentraciones de magnesio en función del grado de tueste y considerando los ingredientes utilizados.

Mg

Ingrediente	Tueste	Número de muestras	Media	Error típ. de la media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Millo	Sin	44	544,75382	7,679497	50,940020	438,173	627,750
	Con	21	533,89586	10,143283	46,482364	440,825	620,509
	Total	65	541,24586	6,132907	49,445079	438,173	627,750
Trigo	Sin	43	495,28386	10,334928	67,770656	352,900	756,671
	Con	6	493,36783	6,952257	17,029483	468,921	520,459
	Total	49	495,04924	9,090661	63,634625	352,900	756,671
Millo canario	Sin	15	581,66473	12,366825	47,896508	505,741	680,819
	Total	15	581,66473	12,366825	47,896508	505,741	680,819
Trigo-millo	Sin	23	500,50539	6,193319	29,702113	451,864	576,386
	Total	23	500,50539	6,193319	29,702113	451,864	576,386
Cereales	Sin	26	520,87138	6,971908	35,549895	472,932	631,311
	Con	1	476,10800	.	.	476,108	476,108
	Total	27	519,21348	6,910542	35,908229	472,932	631,311
Total	Sin	151	523,48096	4,720905	58,011450	352,900	756,671
	Con	28	523,14743	8,500076	44,978174	440,825	620,509
	Total	179	523,42879	4,190192	56,060955	352,900	756,671

5.8.6. Estimación de la ingesta y comparación de los resultados con otros autores.

Con el propósito de poder estimar la aportación dietética debida al consumo de gofio por la población, y como se comentó con anterioridad, se ha considerado el consumo medio diario de 30 gramos de gofio ya que esta cantidad es la que se aproxima a las 2 cucharadas soperas, que es la que habitualmente se consume acompañando ciertos platos. No obstante para el grupo de población de niños de 1 a 8 años se ha considerado el consumo de 15 g de gofio, la mitad que el considerado para adultos y niños de 9 a 14 años. Se ha tenido en cuenta la Ingesta Dietética Recomendada según la National Academy of Sciences, o bien la Ingesta Adecuada (IA) cuando no puede establecerse la IDR, siendo este valor el resultante de aproximaciones por experimentación u observación en grupos de personas sanas (García Gabarra, 2006).

Con el objeto de integrar el abordaje individual con el poblacional, las IDR se han distribuido según lo señalado por el organismo americano anteriormente citado, y se han considerando todos los grupos de población excepto los lactantes. Los grupos de población se dividen en niños, hombres, mujeres, embarazadas y aquéllas en periodo de lactación. Esos grupos se dividen en función de las edades de los individuos, diferenciándose los niños en los grupos de edades comprendidas de 1 a 3 años y de 4 a 8 años; para mujeres y hombres se señalan 6 grupos de edades, de 9 a 13, 14 a 18, 19 a 30, 31 a 50, 51 a 70 y mayores de 70 años; y para mujeres embarazadas y en periodo de lactación se distinguen 3 grupos, de 14 a 18 años, de 19 a 30 y de 31 a 50 años.

En las tablas LXVII a la LXXI se observan las IA para el sodio, potasio y calcio, así como la IDR para el magnesio teniendo en cuenta los grupos de población señalados, si bien se han agrupado los mismos cuando los valores recomendados son los mismos. Asimismo, se señalan los porcentajes de la ingesta a los que contribuye el consumo de los 30 gramos de gofio o 15 gramos de gofio para el caso de los niños, considerando los distintos tipos de gofio.

En las tablas LXVII y LXVIII se han considerado las concentraciones de los gofios a los cuales se les ha añadido sal y a los que no, a partir de los datos de la tabla XXXIV de la página 122.

TABLA LXVII

Ingesta Adecuada de sodio y porcentaje de la misma por el consumo de distintos tipos de gofio sin sal añadida.

Sodio							
Grupo de población		IA (g/d)	Millo	Trigo	Millo canario	Trigo-Millo	Cereales
Niños	1-3 años	1,0	0,24	0,61	0,19	0,59	0,56
	4-8 años	1,2	0,20	0,51	0,16	0,50	0,46
Hombres y mujeres	9-50 años	1,5	0,32	0,41	0,12	0,40	0,37
	51-70 años	1,3	0,37	0,47	0,14	0,46	0,43
	>70 años	1,2	0,40	0,51	0,16	0,50	0,46
Embarazadas	14-50 años	1,5	0,32	0,41	0,12	0,40	0,37
Lactación	14-50 años	1,5	0,32	0,41	0,12	0,40	0,37

TABLA LXVIII

Ingesta Adecuada de sodio y porcentaje de la misma por el consumo de distintos tipos de gofio con sal añadida.

Sodio							
Grupo de población		IA (g/d)	Millo	Trigo	Millo canario	Trigo-Millo	Cereales
Niños	1-3 años	1,0	1,74	1,76	2,28	2,08	1,67
	4-8 años	1,2	1,45	1,47	1,90	1,73	1,39
Hombres y mujeres	9-50 años	1,5	1,16	1,17	1,52	1,39	1,11
	51-70 años	1,3	1,34	1,37	1,75	1,60	1,29
	>70 años	1,2	1,45	1,40	1,90	1,73	1,39
Embarazadas	14-50 años	1,5	1,16	1,17	1,52	1,39	1,11
Lactación	14-50 años	1,5	1,16	1,17	1,52	1,39	1,11

Como se había comentado con anterioridad cuando se expusieron los resultados de sodio, las citadas tablas de valoración de la ingesta, vuelven a poner de manifiesto la diferencia existente entre consumir gofio al que se le ha adicionado sal y al que no. Destaca que la IDR alcanzada por la ingesta de gofio con sal se encuentra en un intervalo comprendido entre el 1 y el 2% aproximadamente. El consumo de gofio sin sal llega a un porcentaje de la IDR máxima de un 0,6%, siendo este hecho destacable teniendo en cuenta que el sodio es el responsable de aumentar la presión arterial, y Canarias la región con mayores índices sanitarios de enfermedades cardiovasculares.

Por el contrario, el gofio es muy rico en potasio, y como se puede observar en la tabla LXIX, el porcentaje de la IDR alcanzado por el consumo de cualquier tipo de gofio se encuentra aproximadamente entre un 1 y un 1,5%. Es por ello, por lo que debemos fomentar el consumo de gofio como un alimento cardiosaludable, si bien dicho gofio no debe llevar sal añadida.

TABLA LXIX

Ingesta Adecuada de potasio y porcentaje de la misma por el consumo de distintos tipos de gofio.

Potasio							
Grupo de población		IA (g/d)	Millo	Trigo	Millo canario	Trigo-Millo	Cereales
Niños	1-3 años	3.0	1,80	2,05	1,91	1,90	2,19
	4-8 años	3.8	1,42	1,62	1,51	1,50	1,73
Hombres	9-13 años	4.5	1,20	1,37	1,27	1,26	1,46
	14-70 años	4.7	1,15	1,31	1,22	1,21	1,40
	>70 años	4.7	1,15	1,31	1,22	1,21	1,40
Mujeres	9-13 años	4.5	1,20	1,37	1,27	1,26	1,46
	14-70 años	4.7	1,15	1,31	1,22	1,21	1,40
	>70 años	4.7	1,15	1,31	1,22	1,21	1,40
Embarazadas	14-50 años	4.7	1,15	1,31	1,22	1,21	1,40
Lactación	14-50 años	5.1	1,06	1,21	1,12	1,12	1,29

Observando los resultados para el calcio y magnesio, tablas LXX y LXXI respectivamente, se aprecia que sin duda es destacable que el magnesio es el mineral que tiene mayor representación en este alimento. El gofio de millo, y concretamente el de millo canario es el que mayor cantidad de magnesio aporta a la dieta, llegando a cubrir mas de un 7% de la IDR en niños de 9 a 13 años, si bien para el resto de la población este tipo de gofio aporta aproximadamente entre un 4 y un 5,5 % de la IDR.

Destaca también el aporte por el consumo de 15 g de cualquier tipo de gofio, en niños de 1 a 8 años, pues llega a representar hasta un 21,8% de la ingesta de este mineral.

TABLA LXX

Ingesta Adecuada de calcio y porcentaje de la misma por el consumo de distintos tipos de gofio.

Calcio							
Grupo de población		IA (mg/d)	Millo	Trigo	Millo canario	Trigo-Millo	Cereales
Niños	1-3 años	500	0,54	1,55	1,64	1,22	1,43
	4-8 años	800	0,34	0,97	0,40	0,76	0,89
Hombres	9-18 años	1300	0,21	0,60	0,24	0,47	0,55
	19-50 años	1000	0,27	0,78	0,32	0,61	0,71
	50-70 años	1200	0,23	0,65	0,27	0,51	0,60
	>70 años	1200	0,23	0,65	0,27	0,51	0,60
Mujeres	9-18 años	1300	0,21	0,60	0,24	0,47	0,55
	19-50 años	1000	0,21	0,60	0,24	0,47	0,55
	50-70 años	1200	0,23	0,65	0,27	0,51	0,60
	>70 años	1200	0,23	0,65	0,27	0,51	0,60
Embarazadas	14-18 años	1300	0,21	0,60	0,24	0,47	0,55
	19-50 años	1000	0,27	0,78	0,32	0,61	0,71
Lactación	14-18 años	1300	0,21	0,60	0,24	0,47	0,55
	19-50 años	1000	0,27	0,78	0,32	0,61	0,71

TABLA LXXI

Ingesta Diaria Recomendada de magnesio y porcentaje de la misma por el consumo de distintos tipos de gofio.

Magnesio							
Grupo de población		IDR (mg/d)	Millo	Trigo	Millo canario	Trigo-Millo	Cereales
Niños	1-3 años	80	10,1	18,6	21,8	18,7	19,5
	4-8 años	130	6,24	11,4	13,4	11,5	12,0
Hombres	9-13 años	240	6,76	6,19	7,26	6,25	6,49
	14-18 años	410	3,96	3,62	4,25	3,66	3,80
	19-30 años	400	4,06	3,71	4,36	3,75	3,89
	31-70 años	420	3,86	3,54	4,15	3,57	3,71
	>70 años	420	3,86	3,54	4,15	3,57	3,71

Mujeres	9-13 años	240	6,76	6,19	7,26	6,25	6,49
	14-18 años	360	4,51	4,13	4,84	4,17	4,33
	19-30 años	310	5,23	4,79	5,62	4,84	5,02
	31-70 años	320	5,07	4,64	5,45	6,69	4,87
	>70 años	320	5,07	4,64	5,45	6,69	4,87
Embarazadas	14-18 años	400	4,06	3,71	4,36	3,75	3,89
	19-30 años	350	4,64	4,24	4,98	4,29	4,45
	31-50 años	360	4,51	4,13	4,84	4,17	4,33
Lactación	14-18 años	360	4,51	4,13	4,84	4,17	4,33
	19-30 años	310	5,23	4,79	5,62	4,84	5,02
	31-50 años	320	5,07	4,64	5,45	6,69	4,87

En Canarias se ha observado que la ingesta de magnesio y calcio, por la población anciana está por debajo de las ingestas diarias recomendadas, así tenemos que de magnesio se consume aproximadamente 275 mg/día y de calcio 930 mg/día (ENCA, 2000), lo cual acentúa aún más la importancia que tiene el consumo de productos ricos en esos minerales como podría ser el gofio. Con respecto al calcio (tabla LXX) si bien, como se expuso con anterioridad las concentraciones en el gofio no son nada despreciables, el porcentaje de la ingesta diaria alcanzada por el consumo de 30 g de gofio es menor que para otros minerales, sin embargo no deja de ser una fuente de ingesta más que no deja de tener interés.

Las concentraciones de calcio que se encontraron en los gofios estudiados no discrepan con las halladas por Cerpa y col, 2001 de 30 y 310 mg/Kg para los gofios de millo y trigo respectivamente, existiendo la mayor diferencia en el gofio de millo en el cual, según los resultados de este estudio, se obtuvo una media de 90,3 mg/Kg.

Para el magnesio las concentraciones encontradas fueron inferiores a las que establece Suarez-Fraga y col (1990) de 970 y 920 mg/Kg para el gofio de trigo y millo, respectivamente. También fueron más bajas que las descritas por Cerpa y col, 2001, de 1100 y 960 mg/Kg para el de millo y trigo, respectivamente.

5.9. NIVELES DE MICROELEMENTOS; COBRE, HIERRO, ZINC Y MANGANESO.

De la misma forma que en el apartado anterior se han dividido los gofios analizados en 8 grupos con objeto de simplificar el análisis de los datos, igualmente no se han tenido en cuenta los datos de los gofios escasamente representados.

En las figuras 65 a la 68 se representan mediante diagramas de barras los niveles de los metales, haciendo uso de una distribución de frecuencias y tomando la totalidad de los gofios analizados. Además se ha realizado la prueba de Kolmogorov-Smirnov para toda la población de gofios y según los metales observados, con el objeto de verificar cuál de las variables (niveles de metales) sigue una distribución normal. Los resultados de la citada prueba no se exponen, si bien solamente se observó que siguen una distribución normal los datos de cobre, pues para los demás metales los niveles críticos fueron menores que 0,05, por ello el histograma de la figura 65, que representa la distribución de frecuencias del cobre es el único que muestra superpuesta la curva normal.

FIGURA 65

Distribución de frecuencias para niveles de cobre teniendo en cuenta la totalidad de los gofios estudiados.

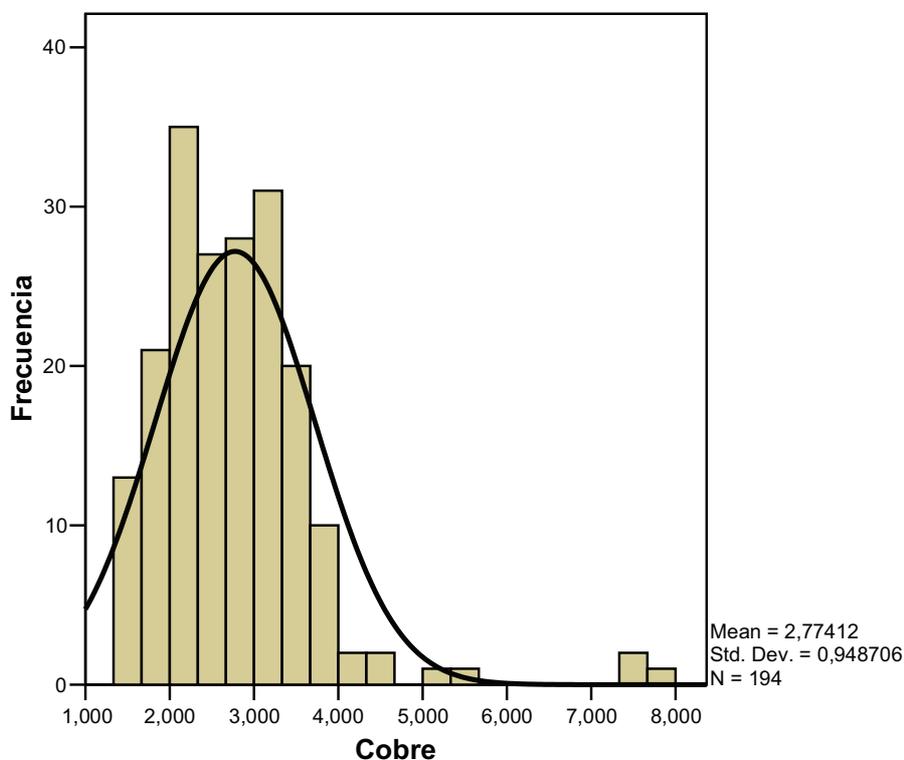


FIGURA 66

Distribución de frecuencias para niveles de hierro teniendo en cuenta la totalidad de los gofios estudiados.

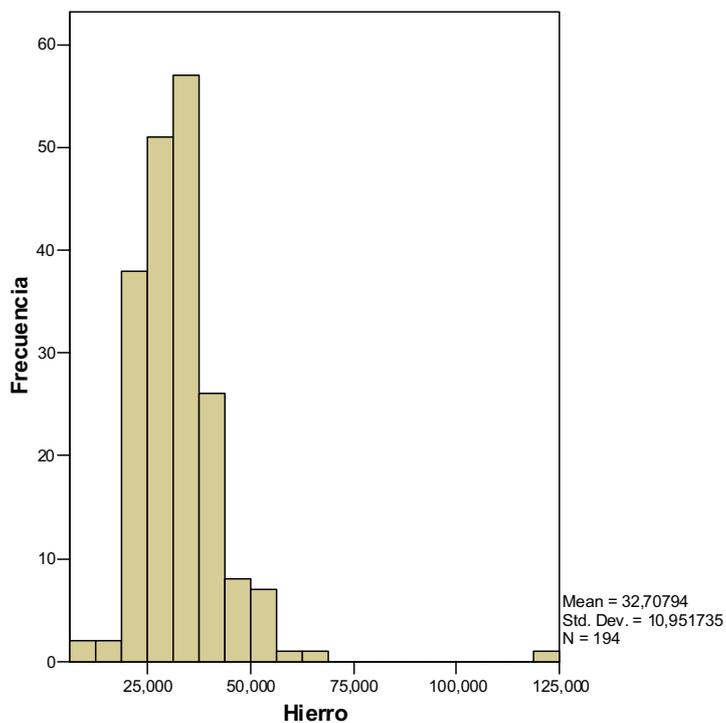


FIGURA 67

Distribución de frecuencias para niveles de zinc teniendo en cuenta la totalidad de los gofios estudiados.

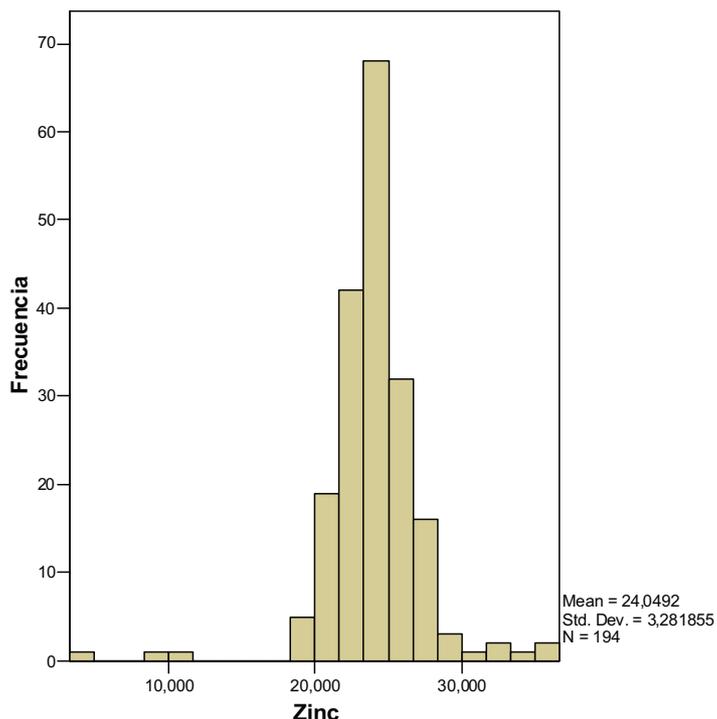
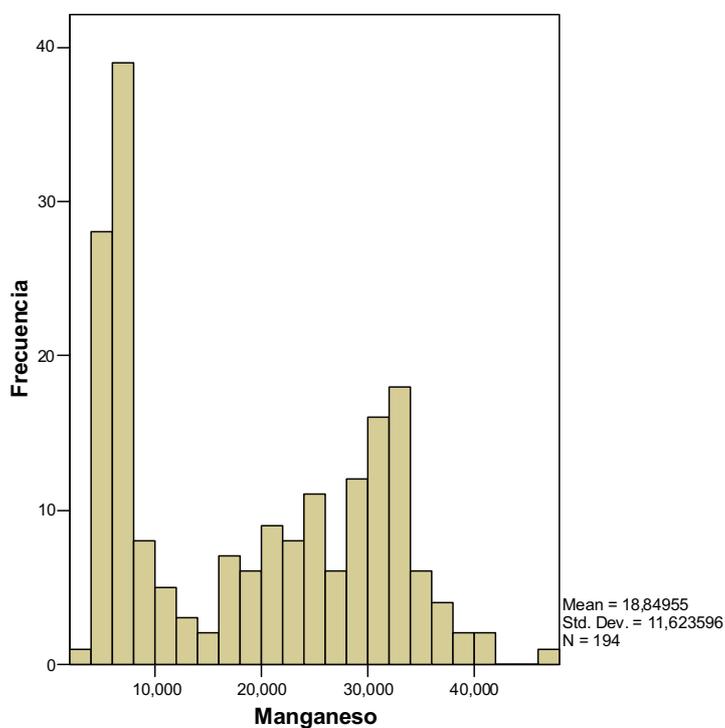


FIGURA 68

Distribución de frecuencias para niveles de manganeso teniendo en cuenta la totalidad de los gofios estudiados.



En la tabla LXXII se observan los contenidos de los metales estudiados en este apartado para los gofios de cebada, garbanzo, avena y centeno, ya que por el escaso número de muestras no se puede realizar un estudio estadístico adecuado,

no obstante su exposición no deja de ser interesante desde el punto de vista descriptivo.

TABLA LXXII

Niveles de cobre, hierro, zinc y manganeso en gofios de cebada, garbanzo, avena y centeno.

Tipo de Gofio		Gofio cebada	Gofio garbanzo	Gofio avena	Gofio centeno
Número de muestras		8	3	1	1
Cu	Intervalo	(1,54 – 3,96)	(7,38 – 7,71)	3,67	5,44
	Media ± D. estándar	3,05 ± 0,98	7,58 ± 0,17		
Fe	Intervalo	(6,86 – 53,8)	(53,9 – 64,8)	54,5	120,6
	Media ± D. estándar	28,7 ± 17,23	58,9 ± 5,51		
Zn	Intervalo	(4,59 – 28,5)	(32,4 – 35,3)	21,7	27,1
	Media ± D. estándar	19,7 ± 9,64	33,6 ± 1,48		
Mn	Intervalo	(3,28 – 29,8)	(29,1 – 31,1)	41,4	46,9
	Media ± D. estándar	13,2 ± 8,30	30,4 ± 1,18		

En la tabla LXXIII se observan los resultados del estudio de normalidad realizado para cada uno de los grupos de gofios en función de los ingredientes utilizados para su elaboración y teniendo en cuenta el metal estudiado en cada caso.

TABLA LXXIII

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para el cobre, hierro, zinc y manganeso en función de los ingredientes utilizados.

Ingrediente	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
Cobre	Millo	,056	66	,200*	,986	66	,676
	Trigo	,150	50	,007	,921	50	,003
	Millo Canario	,168	15	,200*	,923	15	,215
	Trigo-Millo	,131	23	,200*	,975	23	,809
	Cereales	,166	27	,054	,901	27	,014
Hierro	Millo	,169	66	,000	,863	66	,000
	Trigo	,111	50	,170	,939	50	,012
	Millo Canario	,193	15	,137	,869	15	,033
	Trigo-Millo	,083	23	,200*	,977	23	,850
	Cereales	,172	27	,038	,925	27	,051
Zinc	Millo	,144	66	,002	,949	66	,009
	Trigo	,264	50	,000	,723	50	,000
	Millo Canario	,144	15	,200*	,950	15	,522
	Trigo-Millo	,207	23	,012	,852	23	,003
	Cereales	,138	27	,200*	,951	27	,230
Mn	Millo	,207	66	,000	,716	66	,000
	Trigo	,117	50	,087	,969	50	,220
	Millo Canario	,287	15	,002	,803	15	,004
	Trigo-Millo	,140	23	,200*	,966	23	,602
	Cereales	,113	27	,200*	,930	27	,070

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

5.9.1. Niveles de Cobre en función del tipo de gofio.

En la tabla LXXIV se exponen los resultados obtenidos para el cobre en los gofios de millo, trigo, millo canario, mezcla de trigo-millo y de cereales, destacando que los gofios que poseen menor cantidad de este metal son los de millo.

TABLA LXXIV

Niveles de cobre para los gofios de millo, trigo, millo canario, trigo-millo y cereales.

Tipo de gofio	Intervalo	Media \pm desviación estándar	Intervalo de confianza para la media al 95%	Asimetría	Kurtosis	Error típico
Millo	(1,35 – 2,96)	2,05 \pm 0,36	(1,95 – 2,14)	0,14	-0,23	0,04
Trigo	(2,57 – 4,58)	3,27 \pm 0,44	(3,14 – 3,39)	1,07	0,89	0,06
Millo canario	(1,82 – 2,86)	2,23 \pm 0,32	(2,05 – 2,40)	0,55	-0,85	0,82
Trigo-millo	(1,96 – 3,57)	2,74 \pm 0,39	(1,96 – 3,58)	0,33	-0,13	0,82
Cereales	(1,86 – 5,29)	3,21 \pm 0,62	(2,96 – 3,45)	1,01	4,44	0,12

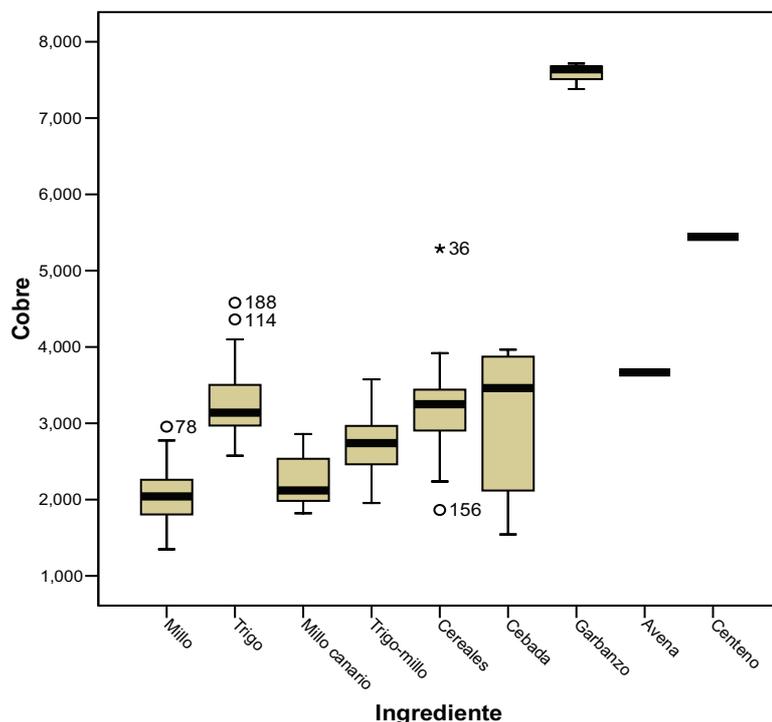
Para profundizar más en la distribución de los datos, en la figura 69 se indican mediante un diagrama de caja los niveles de cobre en función del tipo de gofio. En la distribución de los datos destaca que para el gofio de cereales aparecen 2 valores aislados; uno por la parte superior y otro por el extremo inferior. El resultado para la muestra número 36 se corresponde al valor 5,29 mg/Kg, que es un gofio elaborado con trigo, cebada, garbanzo, avena, arroz y lenteja, siendo la única muestra estudiada que posee lenteja en su composición, quizás el incremento del nivel de cobre sea debido a la incorporación de esta legumbre. No obstante para poder realizar esta afirmación se requieren estudios más amplios. Por el contrario, en la parte inferior se observa la muestra número 156 con una concentración de cobre de 1,86 mg/Kg y que pertenece a un gofio compuesto por varios cereales: millo de origen canario, trigo y cebada.

Sin embargo, se debe destacar que los valores de cobre más altos se obtuvieron en 2 muestras de gofio de garbanzos y en la única muestra de centeno tal y como se representan en las cajas correspondientes y que en ningún caso se pueden considerar estadísticamente significativas por el escaso número de muestras estudiadas.

A este respecto conviene indicar que los datos referentes a los gofios de cebada, garbanzos, avena y centeno no merecen ser comentados dado el pequeño tamaño de la muestra, véase tabla LXXII.

FIGURA 69

Diagrama de cajas para los niveles de cobre según los ingredientes utilizados.



Si bien los niveles de cobre siguen una distribución normal teniendo en cuenta todas las muestras analizadas (figura 65), en la tabla LXXIII se puede observar que los datos se distribuyen siguiendo un comportamiento normal, excepto para aquellos elaborados con trigo y cereales. Con objeto de verificar si las medias de cada uno de los grupos son diferentes entre sí, se ha recurrido a realizar la prueba T de homogeneidad de varianzas, la cual se observa en la tabla LXXV, para los gofios de millo, millo canario, y mezcla trigo-millo. Se puede observar como en todos los casos se deben asumir varianzas iguales, pues los niveles críticos son mayores que 0,05, observándose diferencias de medias para los gofios de millo y trigo-millo, así como millo canario y trigo-millo, sin embargo no se observan diferencias de niveles de cobre entre los gofios de millo y millo de origen canario con el estudio realizado.

TABLA LXXV

Pruebas T de niveles de cobre entre los gofios de millo, millo canario y trigo-millo.

Prueba de muestras independientes para millo y millo canario

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Cobre	Se han asumido varianzas iguales	,062	,804	-1,772	79	,080	-,178967	,100976	-,379955	,022022
	No se han asumido varianzas iguales			-1,919	22,949	,067	-,178967	,093252	-,371896	,013963

Prueba de muestras independientes para millo y trigo-millo

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias							
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia		
								Inferior	Superior	
Cobre	Se han asumido varianzas iguales	,464	,498	-7,733	87	,000	-,691659	,089442	-,869435	-,513884
				No se han asumido varianzas iguales	-7,389	35,556	,000	-,691659	,093608	-,881587

Prueba de muestras independientes para millo canario y trigo-millo

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias							
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia		
								Inferior	Superior	
Cobre	Se han asumido varianzas iguales	,600	,443	-4,208	36	,000	-,512693	,121849	-,759814	-,265571
				No se han asumido varianzas iguales	-4,408	34,296	,000	-,512693	,116308	-,748983

También se realizó la Prueba de Kruskal-Wallis (tabla LXXVI), apoyada por la Prueba de Mann-Whitney para aquellos grupos de muestras que mostraban un comportamiento no paramétrico. Los resultados obtenidos manifiestan que las medias de todos los grupos son distintas, excepto entre los gofios de millo y millo de origen canario y entre los gofios de trigo y mezcla de cereales.

TABLA LXXVI

Prueba de Kruskal-Wallis para los niveles de cobre en función del ingrediente utilizado.

Rangos

	Ingrediente	Número de muestras	Rango promedio
Cobre	Millo	66	42,62
	Trigo	50	138,93
	Millo Canario	15	55,93
	Trigo-Millo	23	99,37
	Cereales	27	132,85
	Total	181	

Estadísticos de contraste^{a,b}

	Cobre
Chi-cuadrado	122,648
gl	4
Sig. asintót.	,000

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: ingrediente

5.9.2. Niveles de hierro en función del tipo de gofio.

La tabla LXXVII muestra los resultados para el hierro, y en la figura 70 se pueden observar los mismos datos representados en un diagrama de cajas, si bien en este último se representan también los datos obtenidos para los gofios de cebada, garbanzo, avena y centeno, que fueron expuestos con anterioridad en la tabla LXXII.

TABLA LXXVII

Niveles de hierro para los gofios de millo, trigo, millo canario, trigo-millo y cereales.

Tipo de gofio	Intervalo	Media ± desviación estándar	Intervalo de confianza para la media al 95%	Asimetría	Curtosis	Error típico
Millo	18,0 – 55,8	27,2 ± 7,54	25,3 – 29,1	1,45	2,30	0,93
Trigo	28,0 – 53,35	36,8 ± 5,76	35,2 – 38,5	0,89	0,66	0,82
Millo canario	23,4 – 38,9	29,0 ± 4,96	26,2 – 31,7	0,95	-0,38	1,28
Trigo-millo	24,4 – 39,7	31,7 ± 4,15	29,9 – 33,5	-0,62	-0,66	0,86
Cereales	19,9 – 54,7	35,9 ± 7,12	33,0 – 38,7	0,45	0,38	1,37

Se puede observar que no hay grandes diferencias de niveles de hierro, no obstante y teniendo en cuenta que ninguno de los grupos de gofios siguen una distribución normal, al realizar la prueba de Kruskal-Wallis en la tabla LXXVIII, apoyada por las pruebas de Mann-Whiney, se puede afirmar que las concentraciones de hierro de los diferentes gofios son distintas, si bien no se hallaron diferencias entre los gofios de millo y aquellos de origen canario, ni entre los de millo de origen canario con los de trigo-millo, ni tampoco entre el de trigo con el de cereales.

FIGURA 70

Diagrama de cajas para los niveles de hierro según los ingredientes utilizados.

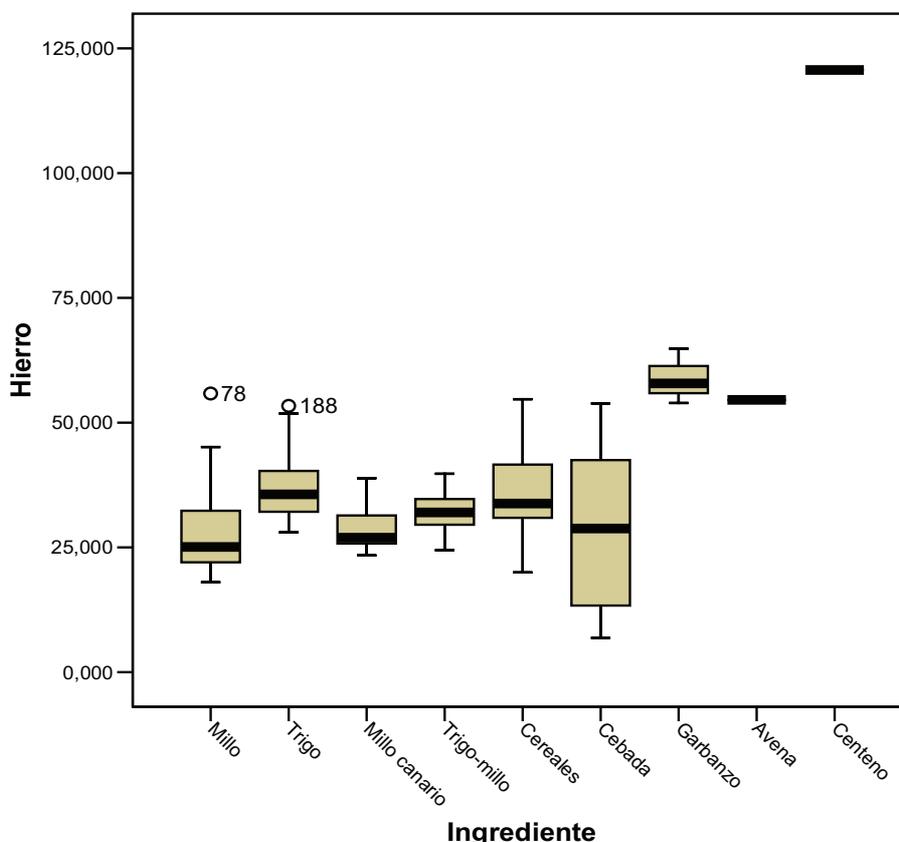


TABLA LXXVIII

Prueba Kruskal-Wallis para los distintos niveles de hierro en función del ingrediente utilizado para la elaboración del gofio.

Rangos			
	ingrediente	Número de muestras	Rango promedio
Hierro	Millo	66	57,08
	Trigo	50	126,62
	Millo Canario	15	71,13
	Trigo-millo	23	92,83
	Cereales	27	117,44
	Total	181	

Estadísticos de contraste ^{a,b}	
	Hierro
Chi-cuadrado	59,841
gl	4
Sig. asintót.	,000

a. Prueba de Kruskal-Wallis
b. Variable de agrupación: ingrediente

5.9.3. Niveles de zinc en función del tipo de gofio.

Para el zinc, los resultados obtenidos se pueden observar en la tabla LXXIX, en ella queda de manifiesto que para cualquier tipo de gofio, el zinc, se encuentra en cantidades similares y bien representado. Teniendo en cuenta la figura 71, conviene distinguir dos aspectos que siguen el mismo patrón que el observado para el cobre, por un lado que la mayor dispersión de los datos se produce para el gofio de cebada, y por otro lado se observa como las muestras de gofio de garbanzos son las que mayores niveles de zinc presentan, siendo comparables con los valores alejados de las dos muestras de gofio de trigo.

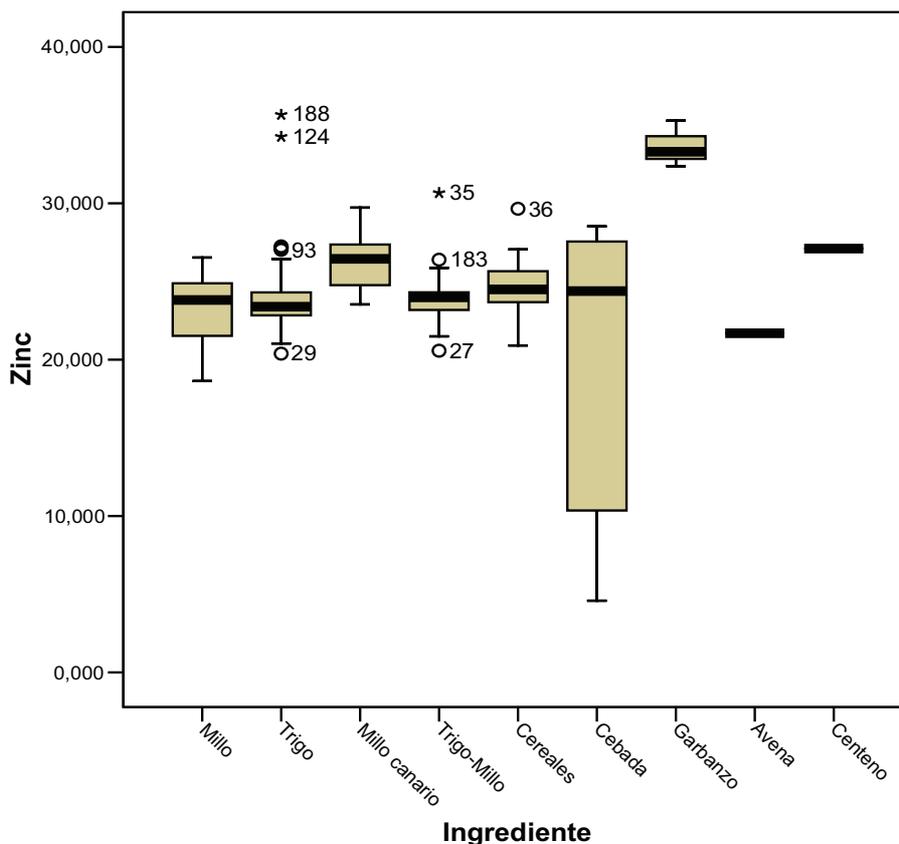
TABLA LXXIX

Niveles de zinc para los gofios de millo, trigo, millo canario, trigo-millo y cereales.

Tipo de gofio	Intervalo	Media \pm desviación estándar	Intervalo de confianza para la media al 95%	Asimetría	Kurtosis	Error típico
Millo	(18,6 – 26,5)	23,3 \pm 2,09	22,8 – 23,8	-0,42	-0,84	0,26
Trigo	(20,4 – 35,7)	24,1 \pm 2,74	23,3 – 24,9	2,63	8,63	0,39
Millo canario	(23,5 – 29,7)	26,2 \pm 1,78	25,2 – 27,2	-0,04	-0,55	0,46
Trigo-millo	(20,6 – 30,6)	23,9 \pm 1,95	23,1 – 24,8	1,71	5,86	0,41
Cereales	(20,9 – 29,6)	24,7 \pm 1,76	24,0 – 25,42	0,31	1,86	0,34

FIGURA 71

Diagrama de cajas para los niveles de zinc según los ingredientes utilizados.



Teniendo en cuenta los ingredientes utilizados en la elaboración del gofio, y según la tabla LXXIII de normalidad, se ha realizado la prueba T para comparar las poblaciones de gofio elaborado de cereales y de millo de origen canario, observándose en la tabla LXXX que no existen diferencias significativas entre las medias de ambos grupos de gofios.

TABLA LXXX

Prueba T para los gofios de millo canario y de cereales.

Prueba de muestras independientes para millo canario y cereales

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Zinc	Se han asumido varianzas iguales	,139	,711	-2,670	40	,011	-1,519748	,569110	-2,669963	-,369534
	No se han asumido varianzas iguales			-2,659	28,688	,013	-1,519748	,571540	-2,689232	-,350264

Se procedió a realizar la prueba de Kruskal-Wallis en los gofios cuyo comportamiento difiere de la distribución normal, la cual se observa en la tabla LXXXI y en la que se evidencia que hay diferencias entre los distintos grupos de gofios. Realizando la prueba de Mann-Whitney, para cada uno de ellos, se han encontrado diferencias entre todos los grupos de gofio excepto para los gofios de

millo con trigo; millo con trigo-millo y trigo con trigo-millo en los que las medias de niveles de zinc parecen ser las mismas, por ello podemos concluir que no hay diferencias entre los gofios elaborados con millo y los elaborados de trigo, salvo para el caso de que el millo sea producido en Canarias, en cuyo caso la concentración es mayor, aproximadamente en 2 mg/Kg.

TABLA LXXXI

Prueba de Kruskal-Wallis para los niveles de zinc en función del ingrediente utilizado.

Rangos

	ingrediente	Número de muestras	Rango promedio
Zinc	Millo	66	79,30
	Trigo	50	81,70
	Millo Canario	15	145,03
	Trigo-Millo	23	85,22
	Cereales	27	111,72
	Total	181	

Estadísticos de contraste^{a,b}

	Zinc
Chi-cuadrado	25,322
gl	4
Sig. asintót.	,000

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: ingrediente

5.9.4. Niveles de manganeso en función del tipo de gofio.

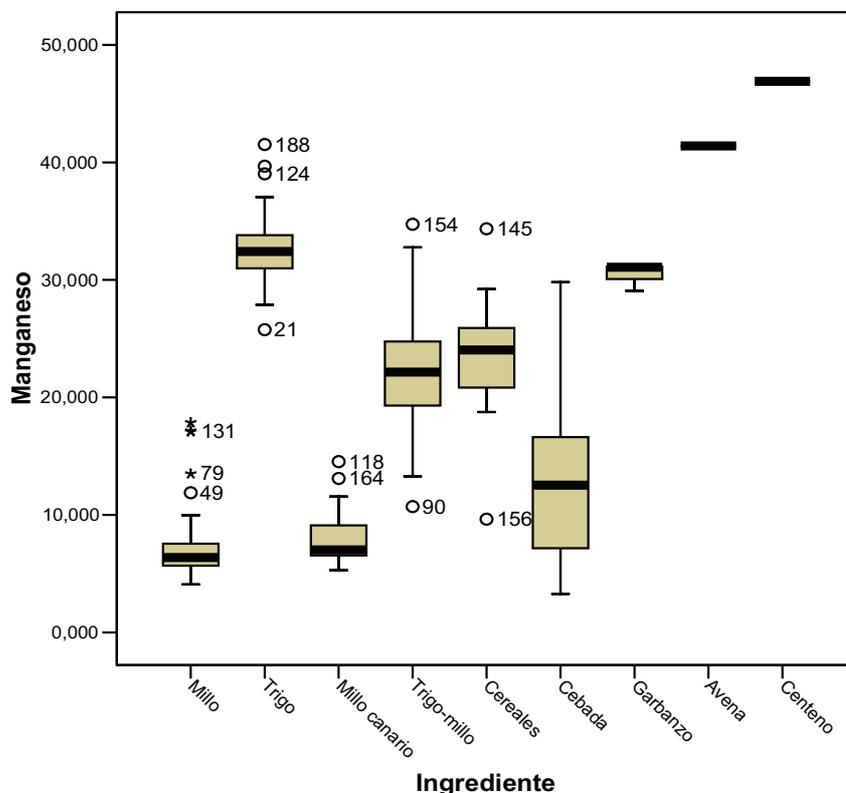
Como se puede observar en la tabla LXXXII y en la figura 72, para el manganeso los gofios tienen claramente distintas concentraciones en función del ingrediente utilizado para su elaboración.

TABLA LXXXII

Niveles de manganeso para los gofios de millo, trigo, millo canario, trigo-millo y cereales.

Tipo de gofio	Intervalo	Media \pm desviación estándar	Intervalo de confianza para la media al 95%	Asimetría	Kurtosis	Error típico
Millo	4,09 – 17,8	7,05 \pm 2,85	6,34 – 7,75	2,45	6,52	0,35
Trigo	25,8 – 41,5	32,6 \pm 3,09	31,8 – 33,5	0,54	0,91	0,44
Millo canario	5,29 -14,5	8,26 \pm 2,77	6,72 – 9,79	1,33	0,65	0,71
Trigo-millo	10,7 – 34,7	22,6 \pm 5,97	20,0 – 25,2	0,30	0,09	1,24
Cereales	9,64 – 34,3	23,5 \pm 4,44	21,7 – 25,3	-0,62	3,38	0,85

FIGURA 72
Diagrama de cajas para los niveles de manganeso según los ingredientes utilizados.



Destacan las altas concentraciones que presentan los gofios de trigo si las comparamos con las de millo, siendo las medias 32,6 y 7,05 mg/Kg, respectivamente. Además se observa que la dispersión de las concentraciones de manganeso para ambos gofios no es grande, si bien no se puede realizar la misma afirmación para los gofios de mezcla trigo-millo, los cuales presentan una dispersión mucho mayor. Obsérvese que las concentraciones parecen situarse aproximadamente entre las de los gofios de millo y los de trigo, pero su desviación estándar de 5,97 nos indica la dispersión de los datos obtenidos, esta dispersión podría ser debida a que los gofios de trigo-millo se obtengan a partir de cantidades variables de ambos cereales en función de la industria elaboradora. Igualmente se debe destacar la gran cantidad de valores aislados que muestra la figura 72 este hecho es, en estos momentos difícil de explicar, por lo que se deben estudiar con mayor profundidad los niveles de este metal y su posible origen.

Igual que en todos los metales anteriores, se realizó la prueba de Kruskal-Wallis (tabla LXXXIII) apoyada por la prueba de Mann-Whitney para comparar un tipo de gofio con otro por separado (las cuales no se exponen), pudiéndose demostrar que todos los gofios son distintos, incluso el de millo con el de millo de origen canario cuyas medias difieren aproximadamente 1 mg/Kg.

TABLA LXXXIII

Prueba de Kruskal-Wallis para los niveles de manganeso en función del ingrediente utilizado.

Rangos			Estadísticos de contraste ^{a,b}	
Ingrediente	Número de muestras	Rango promedio		Manganeso
Manganeso			Chi-cuadrado	150,561
Millo	66	38,48	gl	4
Trigo	50	153,34	Sig. asintót.	,000
Millo Canario	15	54,03		
Trigo-Millo	23	107,65		
Cereales	27	110,30		
Total	181			

a. Prueba de Kruskal-Wallis
b. Variable de agrupación: ingrediente

5.9.5. Efectos de los tratamientos en los niveles de cobre, hierro, zinc y manganeso.

Se obtuvieron los resultados expuestos en las tablas LXXXIV a la LXXXVI en las cuales se tuvo en cuenta la totalidad de los gofios estudiados considerando el efecto de la adición de sal, una posterior tamización del gofio o haberse sometido los cereales de partida a una mayor intensidad en el proceso de tostado previo a la molturación.

TABLA LXXXIV

Concentraciones de cobre, hierro, zinc y manganeso teniendo en cuenta la adición o no de sal marina.

adic_sal		Cobre	Hierro	Zinc	Manganeso
Sin	N	67	67	67	67
adición de sal	Media	2,44493	29,78851	24,23199	12,55778
	Error típ. de la media	,087052	1,034228	,309471	1,337748
	Desv. típ.	,712551	8,465517	2,533128	10,949941
	Mínimo	1,360	19,215	18,635	4,089
	Máximo	4,579	55,838	35,660	41,524
Con adición de sal.	N	127	127	127	127
	Media	2,94780	34,24812	23,95277	22,16883
	Error típ. de la media	,089823	1,047143	,321285	,939051
	Desv. típ.	1,012253	11,800699	3,620703	10,582566
	Mínimo	1,349	6,862	4,588	3,281
	Máximo	7,715	120,659	35,281	46,896
Total	N	194	194	194	194
	Media	2,77412	32,70794	24,04920	18,84955
	Error típ. de la media	,068113	,786289	,235623	,834526
	Desv. típ.	,948706	10,951735	3,281855	11,623596
	Mínimo	1,349	6,862	4,588	3,281
	Máximo	7,715	120,659	35,660	46,896

TABLA LXXXV

Concentraciones de cobre, hierro, zinc y manganeso teniendo cuenta si el gofio ha sido sometido a tamización.

Tamización		Cobre	Hierro	Zinc	Manganeso
No	N	156	156	156	156
	Media	2,76028	33,36438	23,96558	19,10525
	Error típ. de la media	,072348	,904034	,269463	,924652
	Desv. típ.	,903627	11,291382	3,365597	11,548900
	Mínimo	1,349	6,862	4,588	3,281
	Máximo	7,639	120,659	35,660	46,896
Si	N	38	38	38	38
	Media	2,83097	30,01311	24,39247	17,79984
	Error típ. de la media	,182817	1,471291	,475150	1,950730
	Desv. típ.	1,126961	9,069647	2,929021	12,025109
	Mínimo	1,368	18,004	19,699	4,211
	Máximo	7,715	53,942	34,254	39,672
Total	N	194	194	194	194
	Media	2,77412	32,70794	24,04920	18,84955
	Error típ. de la media	,068113	,786289	,235623	,834526
	Desv. típ.	,948706	10,951735	3,281855	11,623596
	Mínimo	1,349	6,862	4,588	3,281
	Máximo	7,715	120,659	35,660	46,896

TABLA LXXXVI

Concentraciones de cobre, hierro, zinc y manganeso considerando el efecto de la utilización de cereales sometidos a mayor grado de tueste.

tueste		Cobre	Hierro	Zinc	Manganeso
Normal	N	165	165	165	165
	Media	2,84654	33,06380	24,22828	19,70162
	Error típ. de la media	,075920	,881824	,264566	,880194
	Desv. típ.	,975211	11,327240	3,398412	11,306291
	Mínimo	1,349	6,862	4,588	3,281
	Máximo	7,715	120,659	35,660	46,896
Tostado.	N	29	29	29	29
	Media	2,36210	30,68324	23,03028	14,00159
	Error típ. de la media	,121312	1,556212	,428727	2,303880
	Desv. típ.	,653286	8,380458	2,308767	12,406773
	Mínimo	1,510	20,735	18,635	4,211
	Máximo	3,625	55,838	27,106	36,286
Total	N	194	194	194	194
	Media	2,77412	32,70794	24,04920	18,84955
	Error típ. de la media	,068113	,786289	,235623	,834526
	Desv. típ.	,948706	10,951735	3,281855	11,623596
	Mínimo	1,349	6,862	4,588	3,281
	Máximo	7,715	120,659	35,660	46,896

Para el cobre y zinc, no parece que estos tratamientos ejerzan una variación de concentración metálica en el producto final apreciable, pues las medias no muestran grandes diferencias.

Sin embargo, para el hierro, y sobre todo para el manganeso, sí se observan diferencias que podrían ser debidas a otros factores de sesgo como la diferencia de los ingredientes de los gofios, por ello y al igual que se procedió en el estudio del sodio, potasio, calcio y magnesio, en las figuras 73 a la 76 se observa mediante barras de error los niveles de los distintos niveles de metales en función de los distintos tipos de gofios, cuando a los mismos se les adiciona sal marina o no. Se puede deducir de las citadas figuras que no parecen existir diferencias de concentración de los metales estudiados en función de la adición de sal, ya que todos los intervalos se encuentran solapados. La excepción a este respecto la presenta el gofio de millo canario en la concentración de manganeso (figura 76) si bien, debido al pequeño número de muestras estudiadas (véase tabla XC) no podríamos concluir la existencia de diferencias cuantificables, no obstante sería este hecho de difícil interpretación. Se observa que la adición de sal no interviene de igual forma en los niveles de los metales y que las diferencias son pequeñas. Para un mayor abundamiento de lo observado gráficamente, en las tablas LXXXVII a la LXXXIX se indican los datos estadísticos de cada uno de los grupos, no observándose en ellas ningún dato relevante.

FIGURA 73

Concentraciones de cobre teniendo en cuenta la adición o no de sal marina.

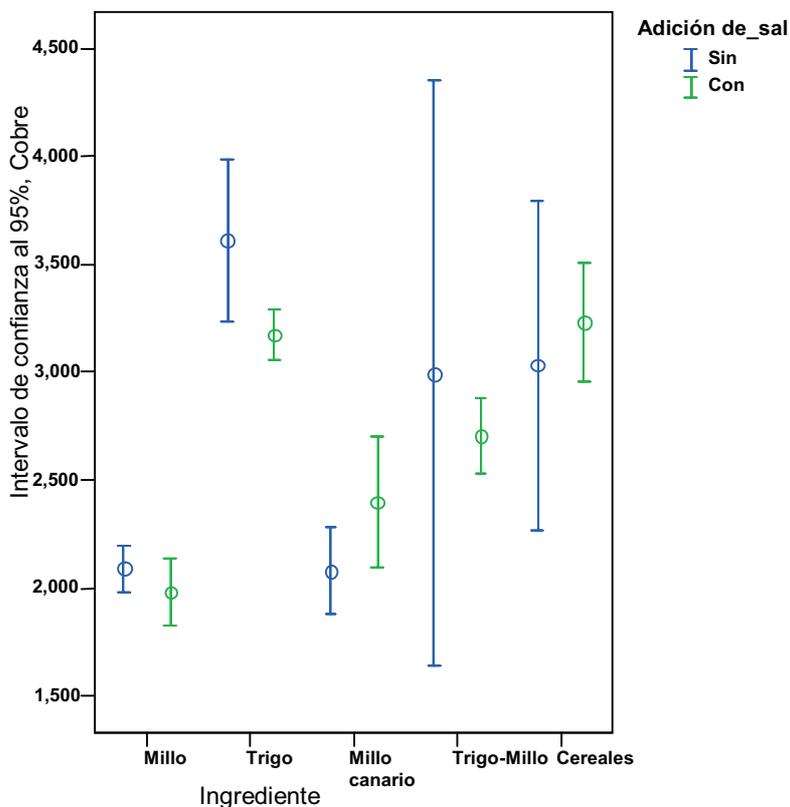


FIGURA 74

Concentraciones de hierro teniendo en cuenta la adición o no de sal marina.

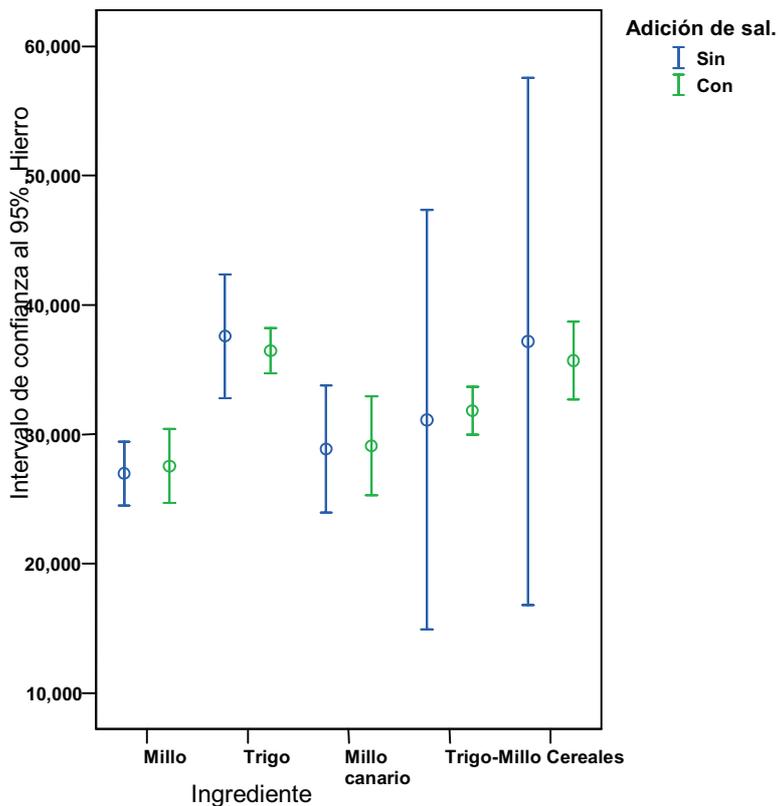


FIGURA 75

Concentraciones de zinc teniendo en cuenta la adición o no de sal marina.

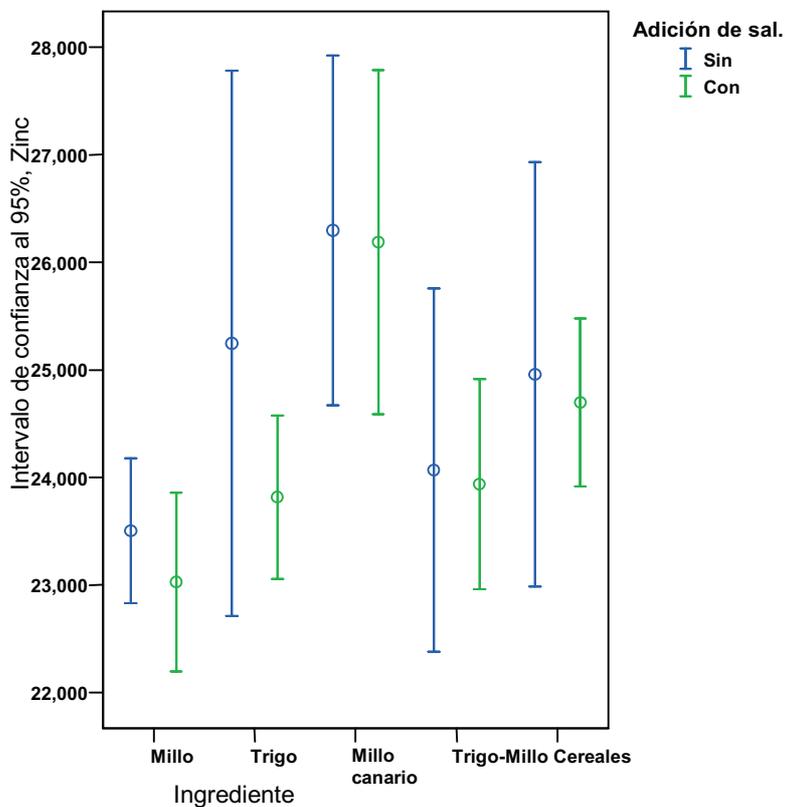
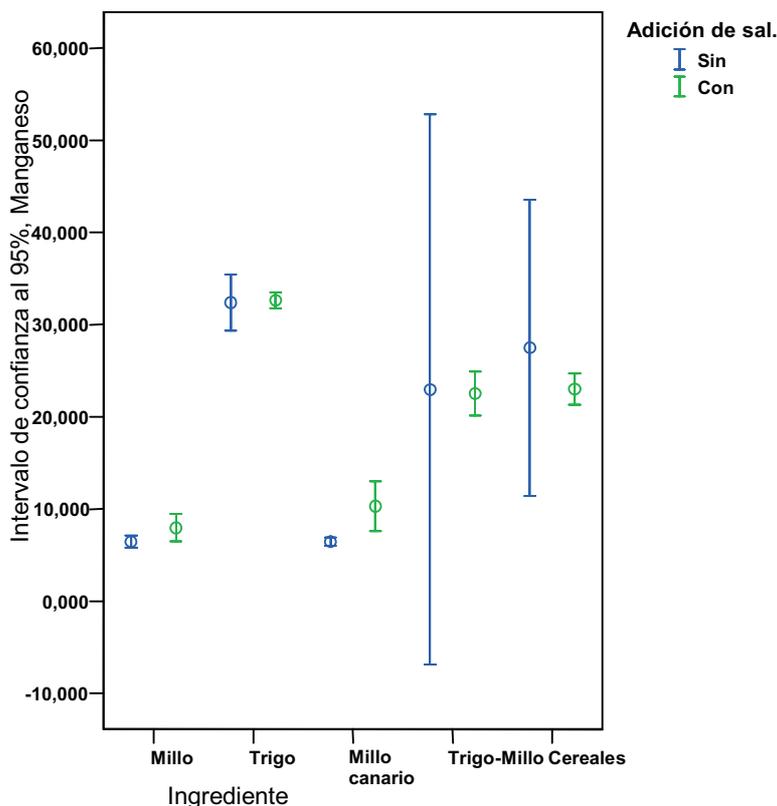


FIGURA 76

Concentraciones de manganeso teniendo en cuenta la adición o no de sal marina.

**TABLA LXXXVII**

Concentraciones de cobre en función de la adición de sal y considerando los ingredientes utilizados.

Cu

Ingrediente	Adición de sal	Número de muestras	Media	Error típ. de la media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Millo	Con	41	2,09171	,054114	,346497	1,360	2,956
	Sin	25	1,98204	,075745	,378726	1,349	2,747
	Total	66	2,05017	,044333	,360162	1,349	2,956
Trigo	Con	11	3,61064	,167925	,556943	2,991	4,579
	Sin	39	3,17223	,056456	,352565	2,575	4,100
	Total	50	3,26868	,062186	,439722	2,575	4,579
Millo canario	Con	8	2,08063	,084779	,239792	1,821	2,572
	Sin	7	2,39886	,122748	,324761	1,942	2,859
	Total	15	2,22913	,082039	,317738	1,821	2,859
Trigo-millo	Con	3	2,99300	,314721	,545112	2,496	3,576
	Sin	20	2,70415	,083151	,371862	1,956	3,409
	Total	23	2,74183	,082444	,395388	1,956	3,576
Cereales	Con	3	3,03300	,177128	,306795	2,682	3,250
	Sin	24	3,23242	,132379	,648521	1,864	5,288
	Total	27	3,21026	,119159	,619168	1,864	5,288
Total	Con	66	2,42727	,086545	,703093	1,360	4,579
	Sin	115	2,79757	,061153	,655788	1,349	5,288
	Total	181	2,66255	,051648	,694857	1,349	5,288

TABLA LXXXVIII

Concentraciones de hierro en función de la adición de sal y considerando los ingredientes utilizados.

Fe

Ingrediente	Adición de sal	Número de muestras	Media	Error típ. de la media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Millo	Sin	41	26,97546	1,228763	7,867922	19,215	55,838
	Con	25	27,55024	1,388392	6,941961	18,004	45,112
	Total	66	27,19318	,920864	7,481134	18,004	55,838
Trigo	Sin	11	37,59145	2,150806	7,133416	30,954	53,351
	Con	39	36,46579	,864410	5,398237	28,017	51,841
	Total	50	36,71344	,814933	5,762448	28,017	53,351
Millo canario	Sin	8	28,87875	2,080475	5,884473	23,412	38,870
	Con	7	29,10900	1,559794	4,126827	25,485	36,257
	Total	15	28,98620	1,281315	4,962511	23,412	38,870
Trigo-millo	Sin	3	31,11900	3,765768	6,522501	24,441	37,474
	Con	20	31,83395	,877996	3,926519	24,915	39,744
	Total	23	31,74070	,865858	4,152507	24,441	39,744
Cereales	Sin	3	37,18233	4,738934	8,208074	30,488	46,340
	Con	24	35,69867	1,461718	7,160925	19,993	54,696
	Total	27	35,86352	1,371270	7,125329	19,993	54,696
Total	Sin	66	29,62779	1,037262	8,426757	19,215	55,838
	Con	115	33,11419	,639167	6,854300	18,004	54,696
	Total	181	31,84291	,567193	7,630805	18,004	55,838

TABLA LXXXIX

Concentraciones de zinc en función de la adición de sal y considerando los ingredientes utilizados.

Zn

Ingrediente	Adición de sal	Número de muestras	Media	Error típ. de la media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Millo	Sin	41	23,50295	,334117	2,139394	18,635	26,533
	Con	25	23,02708	,402107	2,010536	19,231	26,394
	Total	66	23,32270	,257118	2,088840	18,635	26,533
Trigo	Sin	11	25,24600	1,138403	3,775657	21,877	35,660
	Con	39	23,81631	,375669	2,346052	20,388	34,254
	Total	50	24,13084	,388216	2,745103	20,388	35,660
Millo canario	Sin	8	26,29625	,688461	1,947263	23,536	29,724
	Con	7	26,18843	,654091	1,730561	23,726	28,044
	Total	15	26,24593	,460617	1,783962	23,536	29,724
Trigo-millo	Sin	3	24,06867	,392727	,680224	23,332	24,673
	Con	20	23,93785	,466784	2,087519	20,570	30,659
	Total	23	23,95491	,406875	1,951306	20,570	30,659
Cereales	Sin	3	24,95733	,458902	,794841	24,371	25,862
	Con	24	24,69729	,378135	1,852477	20,911	29,651
	Total	27	24,72619	,338364	1,758193	20,911	29,651
Total	Sin	66	24,22386	,314088	2,551660	18,635	35,660
	Con	115	23,99412	,205957	2,208648	19,231	34,254
	Total	181	24,07790	,173571	2,335157	18,635	35,660

TABLA XC

Concentraciones de manganeso en función de la adición de sal y considerando los ingredientes utilizados.

Mn

Ingrediente	Adición de sal	Número de muestras	Media	Error típ. de la media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Millo	Sin	41	6,46271	,321870	2,060972	4,089	17,145
	Con	25	7,96164	,725302	3,626511	4,620	17,853
	Total	66	7,03048	,348301	2,829612	4,089	17,853
Trigo	Sin	11	32,39627	1,365448	4,528678	25,765	41,524
	Con	39	32,63603	,422792	2,640336	27,883	39,672
	Total	50	32,58328	,438222	3,098698	25,765	41,524
Millo canario	Sin	8	6,45775	,193938	,548541	5,292	7,026
	Con	7	10,30843	1,095043	2,897212	7,340	14,538
	Total	15	8,25473	,716560	2,775224	5,292	14,538
Trigo-millo	Sin	3	22,96533	6,939976	12,020391	10,709	34,735
	Con	20	22,54155	1,141279	5,103956	13,284	32,773
	Total	23	22,59683	1,245073	5,971162	10,709	34,735
Cereales	Sin	3	27,49033	3,733029	6,465797	21,508	34,350
	Con	24	23,01171	,824724	4,040305	9,640	29,221
	Total	27	23,50933	,854479	4,440005	9,640	34,350
Total	Sin	66	12,49029	1,356444	11,019800	4,089	41,524
	Con	115	22,14884	,949721	10,184621	4,620	39,672
	Total	181	18,62694	,851642	11,457666	4,089	41,524

De la misma manera que se procedió para el estudio de los elementos minerales en función de la adición de sal, en las figuras 77 a la 80 se exponen mediante diagramas de error los resultados en función de que al gofio se le someta a tamización posterior, igualmente en las tablas XCI a la XCIV se pueden observar los datos estadísticos a este respecto.

Mediante la representación gráfica no parece que existan diferencias destacables, excepto para los niveles de cobre, hierro y manganeso en los gofios de millo, existiendo las mayores diferencias en los niveles de hierro. En la tabla XCI se observa que aquellos gofios de millo sin tamización posterior, poseen mayor concentración de hierro con una media de 28,4 mg/Kg, frente a los tamizados, cuya media es de 22,9 mg/Kg. Este hecho es fácilmente observable en la figura 78.

Para el cobre y manganeso en el gofio de millo, no parecen existir grandes diferencias si observamos los valores máximos y mínimos de las tablas LXXXVII y XC, respectivamente.

Se debe señalar que pudieran no observarse más diferencias en los gofios de otros ingredientes debido al bajo número de muestras pertenecientes al grupo de los gofios tamizados. Podría existir la probabilidad al realizar un muestreo más amplio que pusiera de manifiesto la existencia de diferencias apreciables entre los dos grupos de gofios.

La tamización hace que las partículas de mayor granulometría se queden retenidas en los tamices y no pasen a formar parte del gofio, siendo precisamente estas partículas las que poseen una riqueza mineral destacable, pues generalmente

proviene de la cascarilla del cereal, y que por su mayor resistencia a la molturación quedan en el producto final con un mayor tamaño.

Existen estudios en los que se ha observado que para el arroz, el efecto del pulido implica una pérdida de zinc y cobre, si bien no produce efecto alguno sobre los niveles de cadmio (Masironi y col, 1977).

FIGURA 77

Concentraciones de cobre teniendo en cuenta la tamización posterior del gofio.

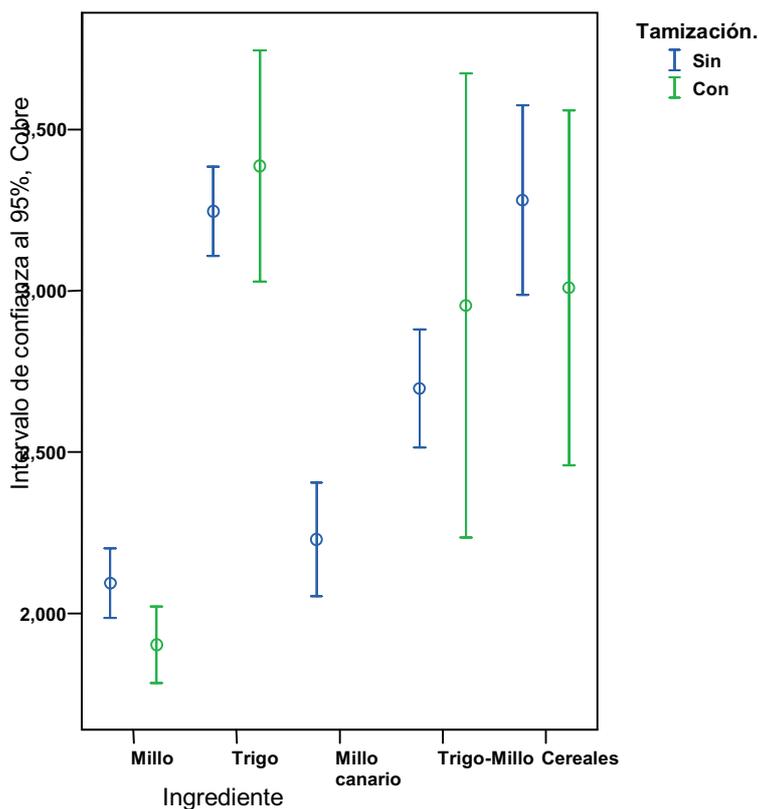


FIGURA 78

Concentraciones de hierro teniendo en cuenta la tamización posterior del gofio.

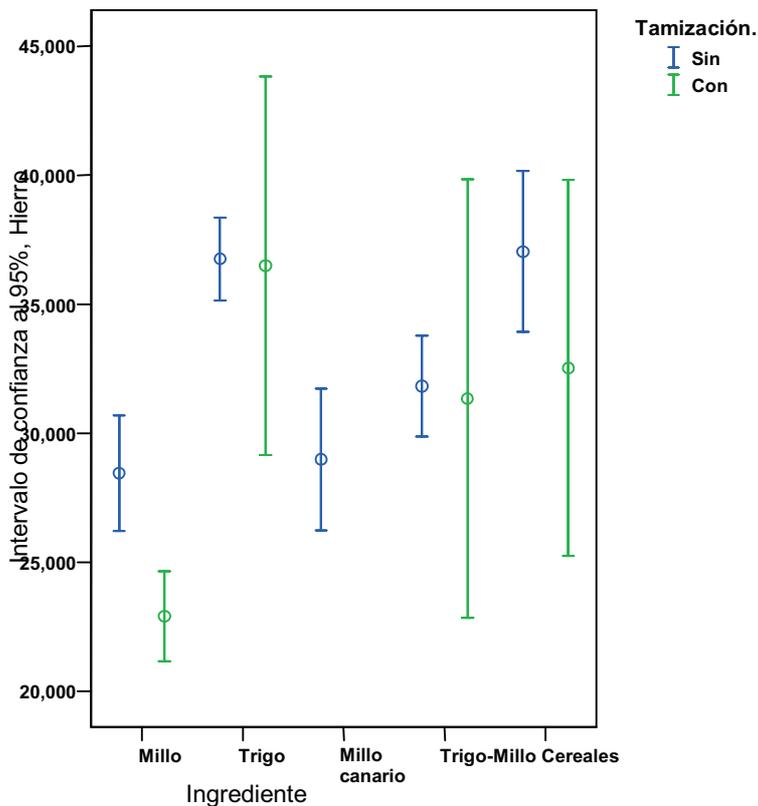


FIGURA 79

Concentraciones de zinc teniendo en cuenta la tamización posterior del gofio.

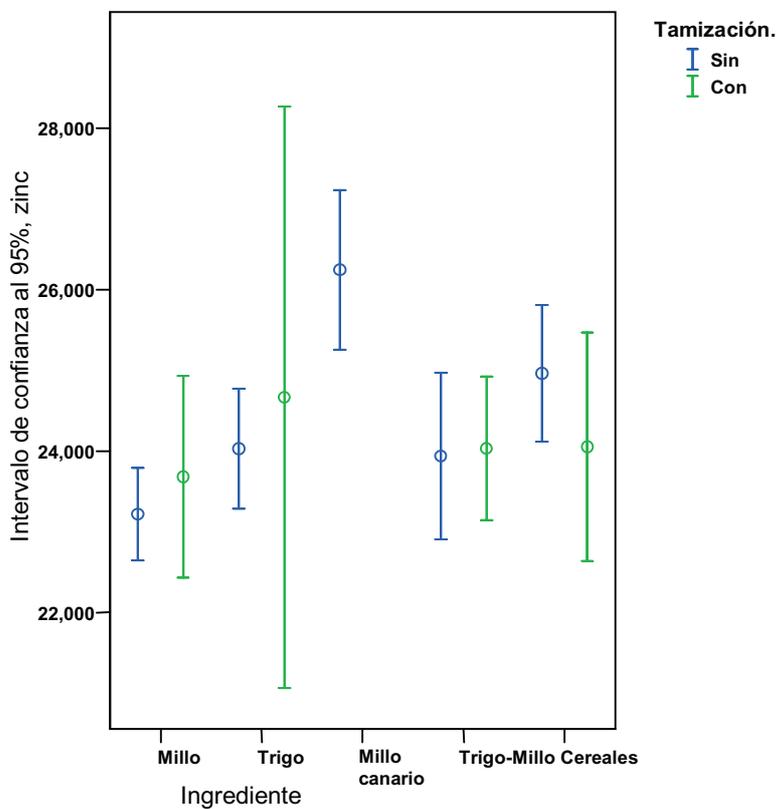


FIGURA 80

Concentraciones de manganeso según la tamización posterior del gofio.

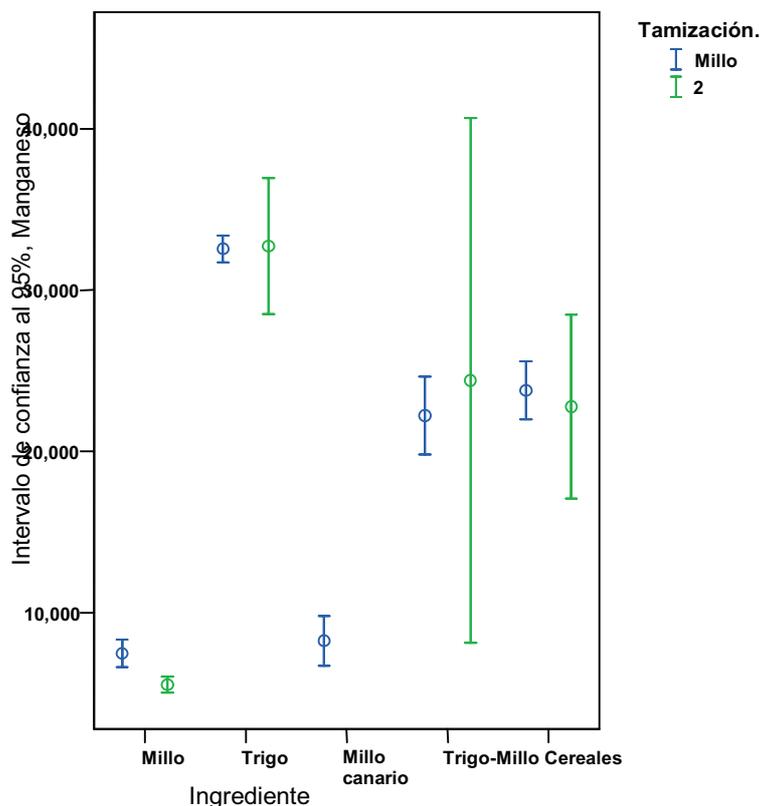


TABLA XCI

Concentraciones de cobre en función de la tamización y considerando los ingredientes utilizados.

Cu

Ingrediente	Tamización	Número de muestras	Media	Error típ. de la media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Millo	Sin	51	2,09367	,053713	,383584	1,349	2,956
	Con	15	1,90227	,055641	,215498	1,368	2,128
	Total	66	2,05017	,044333	,360162	1,349	2,956
Trigo	Sin	42	3,24621	,068421	,443416	2,575	4,579
	Con	8	3,38663	,151220	,427714	2,991	4,100
	Total	50	3,26868	,062186	,439722	2,575	4,579
Millo canario	Sin	15	2,22913	,082039	,317738	1,821	2,859
	Total	15	2,22913	,082039	,317738	1,821	2,859
Trigo-millo	Sin	19	2,69716	,087338	,380699	1,956	3,409
	Con	4	2,95400	,225933	,451865	2,496	3,576
	Total	23	2,74183	,082444	,395388	1,956	3,576
Cereales	Sin	20	3,28070	,140106	,626572	2,237	5,288
	Con	7	3,00900	,224964	,595198	1,864	3,504
	Total	27	3,21026	,119159	,619168	1,864	5,288
Total	Sin	147	2,67629	,056358	,683301	1,349	5,288
	Con	34	2,60312	,128731	,750625	1,368	4,100
	Total	181	2,66255	,051648	,694857	1,349	5,288

TABLA XCII

Concentraciones de hierro en función de la tamización y considerando los ingredientes utilizados.

Fe

Ingrediente	Tamiza- ción	Número de muestras	Media	Error típ. de la media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Millo	Sin	51	28,45273	1,110351	7,929490	19,215	55,838
	Con	15	22,91073	,810757	3,140048	18,004	29,065
	Total	66	27,19318	,920864	7,481134	18,004	55,838
Trigo	Sin	42	36,75545	,795139	5,153090	28,017	53,351
	Con	8	36,49288	3,099233	8,765955	28,480	51,841
	Total	50	36,71344	,814933	5,762448	28,017	53,351
Millo canario	Sin	15	28,98620	1,281315	4,962511	23,412	38,870
	Total	15	28,98620	1,281315	4,962511	23,412	38,870
Trigo-millo	Sin	19	31,82495	,925441	4,033903	24,915	39,744
	Con	4	31,34050	2,671997	5,343993	24,441	37,474
	Total	23	31,74070	,865858	4,152507	24,441	39,744
Cereales	Sin	20	37,03370	1,488838	6,658288	30,268	54,696
	Con	7	32,52014	2,976381	7,874765	19,993	43,229
	Total	27	35,86352	1,371270	7,125329	19,993	54,696
Total	Sin	147	32,48271	,607222	7,362179	19,215	55,838
	Con	34	29,07668	1,415304	8,252572	18,004	51,841
	Total	181	31,84291	,567193	7,630805	18,004	55,838

TABLA XCIII

Concentraciones de zinc en función de la tamización y considerando los ingredientes utilizados.

Zn

Ingrediente	Tamiza- ción	Número de muestras	Media	Error típ. de la media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Millo	Sin	51	23,21745	,286710	2,047521	18,635	26,432
	Con	15	23,68053	,583539	2,260035	19,699	26,533
	Total	66	23,32270	,257118	2,088840	18,635	26,533
Trigo	Sin	42	24,02867	,370412	2,400547	20,388	35,660
	Con	8	24,66725	1,525006	4,313369	21,030	34,254
	Total	50	24,13084	,388216	2,745103	20,388	35,660
Millo canario	Sin	15	26,24593	,460617	1,783962	23,536	29,724
	Total	15	26,24593	,460617	1,783962	23,536	29,724
Trigo-millo	Sin	19	23,93853	,492033	2,144720	20,570	30,659
	Con	4	24,03275	,280013	,560026	23,332	24,673
	Total	23	23,95491	,406875	1,951306	20,570	30,659
Cereales	Sin	20	24,96130	,403994	1,806717	20,911	29,651
	Con	7	24,05443	,579154	1,532298	21,170	25,940
	Total	27	24,72619	,338364	1,758193	20,911	29,651
Total	Sin	147	24,08871	,188128	2,280926	18,635	35,660
	Con	34	24,03112	,444673	2,592869	19,699	34,254
	Total	181	24,07790	,173571	2,335157	18,635	35,660

TABLA XCIV

Concentraciones de manganeso en función de la tamización y considerando los ingredientes utilizados.

Mn

Ingrediente	Tamización	Número de muestras	Media	Error típ. de la media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Millo	Sin	51	7,47004	,427207	3,050869	4,089	17,853
	Con	15	5,53600	,235936	,913775	4,211	7,470
	Total	66	7,03048	,348301	2,829612	4,089	17,853
Trigo	Sin	42	32,55690	,410987	2,663502	25,765	41,524
	Con	8	32,72175	1,790092	5,063146	27,883	39,672
	Total	50	32,58328	,438222	3,098698	25,765	41,524
Millo canario	Sin	15	8,25473	,716560	2,775224	5,292	14,538
	Total	15	8,25473	,716560	2,775224	5,292	14,538
Trigo-millo	Sin	19	22,21795	1,153641	5,028607	13,284	32,773
	Con	4	24,39650	5,111739	10,223477	10,709	34,735
	Total	23	22,59683	1,245073	5,971162	10,709	34,735
Cereales	Sin	20	23,76985	,859585	3,844182	18,753	34,350
	Con	7	22,76500	2,322469	6,144675	9,640	26,969
	Total	27	23,50933	,854479	4,440005	9,640	34,350
Total	Sin	147	18,84164	,927910	11,250306	4,089	41,524
	Con	34	17,69868	2,135110	12,449726	4,211	39,672
	Total	181	18,62694	,851642	11,457666	4,089	41,524

En las figuras 81 a la 84 y en las tablas XCV a la XCVIII se pueden observar los niveles de los metales cobre, hierro, zinc y manganeso para los distintos tipos de gofios, teniendo en cuenta la utilización de cereales sometidos a mayor tueste.

Si bien no se disponen de los datos suficientes para poder observar si en determinados gofios existen diferencias, en el caso de los gofios de millo se estudiaron un total de 66 muestras, de las cuales 21 de ellas son gofios provenientes de la molturación de millo sometido a una mayor intensidad de tueste, y no se observan resultados que permitan poder afirmar que el aumento en el tueste de las materias primas influya en los niveles de los metales estudiados.

FIGURA 81

Concentraciones de cobre en función el grado de tueste de los cereales utilizados.

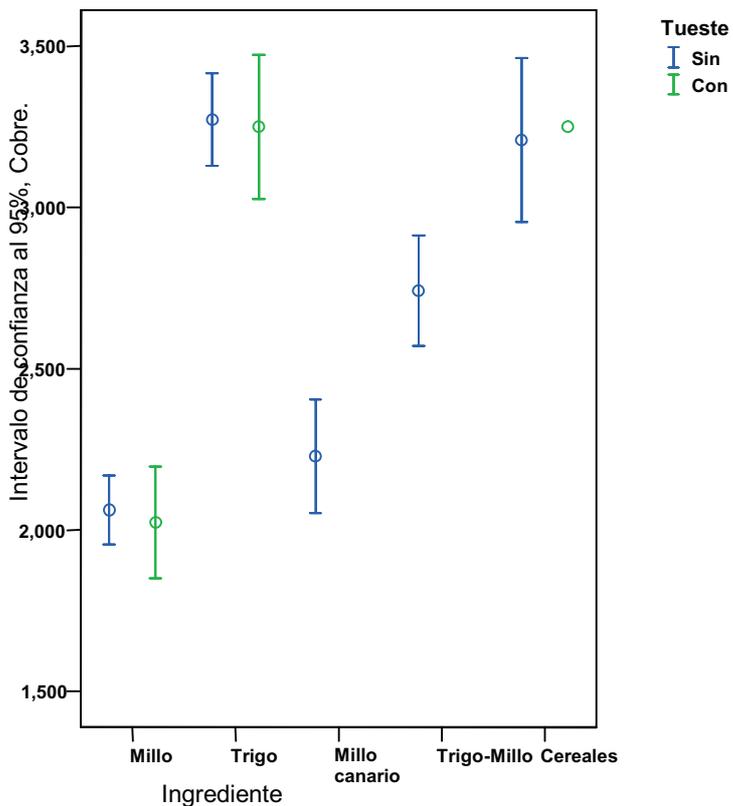


FIGURA 82

Concentraciones de hierro según el grado de tueste de los cereales utilizados.

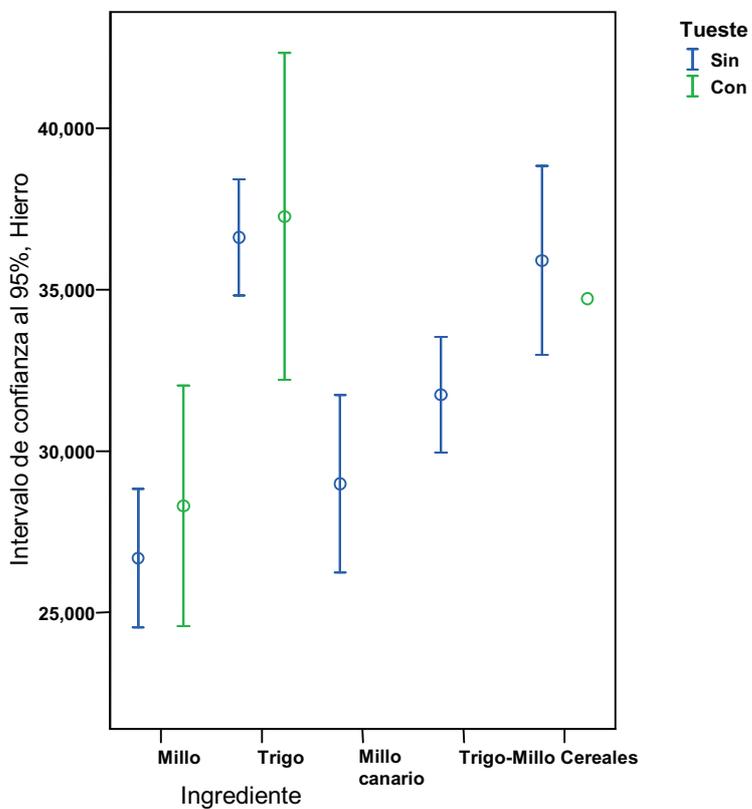


FIGURA 83

Concentraciones de zinc según el grado de tueste de los cereales utilizados.

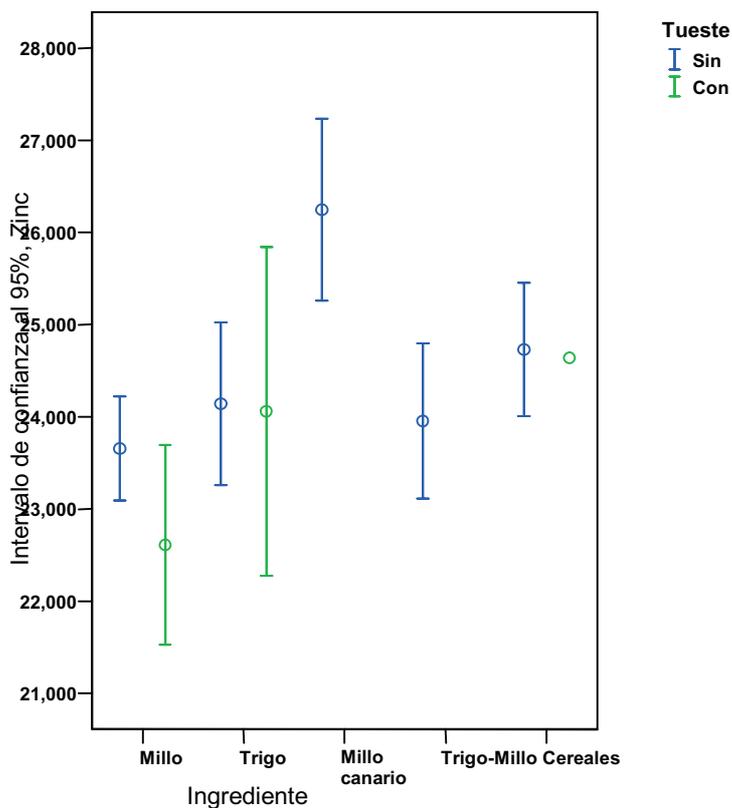


FIGURA 84

Concentraciones de manganeso según el grado de tueste de los cereales utilizados.

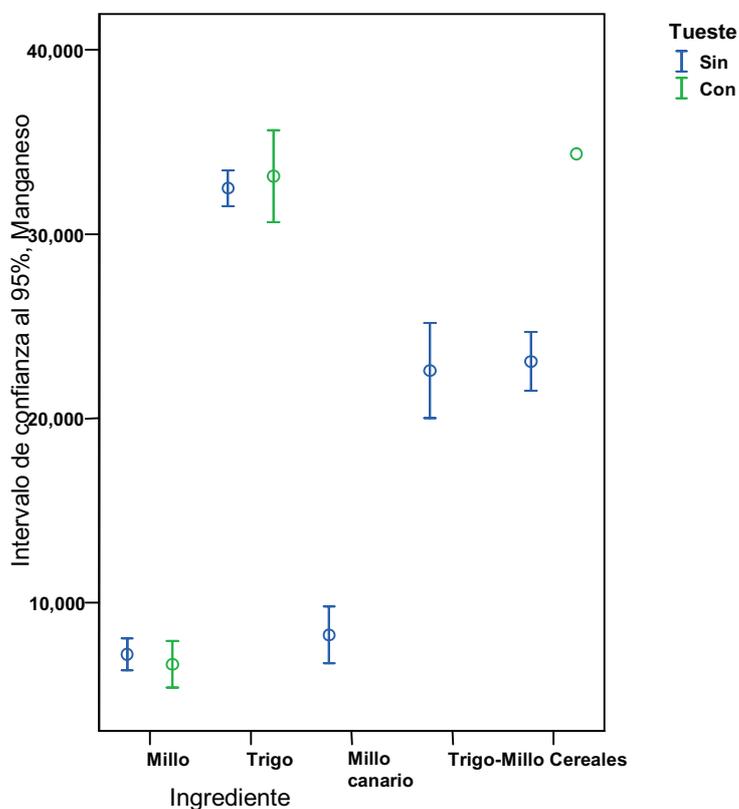


TABLA XCV

Concentraciones de cobre en función del grado de tueste y considerando los ingredientes utilizados.

Cu

Ingrediente	Tueste	Número de muestras	Media	Error típ. de la media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Millo	Sin	45	2,06240	,052780	,354062	1,349	2,747
	Con	21	2,02395	,083018	,380435	1,510	2,956
	Total	66	2,05017	,044333	,360162	1,349	2,956
Trigo	Sin	43	3,27177	,071065	,466006	2,575	4,579
	Con	7	3,24971	,091377	,241761	2,991	3,625
	Total	50	3,26868	,062186	,439722	2,575	4,579
Millo canario	Sin	15	2,22913	,082039	,317738	1,821	2,859
	Total	15	2,22913	,082039	,317738	1,821	2,859
Trigo-millo	Sin	23	2,74183	,082444	,395388	1,956	3,576
	Total	23	2,74183	,082444	,395388	1,956	3,576
Cereales	Sin	26	3,20873	,123823	,631378	1,864	5,288
	Con	1	3,25000	.	.	3,250	3,250
	Total	27	3,21026	,119159	,619168	1,864	5,288
Total	Sin	152	2,71987	,055947	,689763	1,349	5,288
	Con	29	2,36210	,121312	,653286	1,510	3,625
	Total	181	2,66255	,051648	,694857	1,349	5,288

TABLA XCVI

Concentraciones de hierro en función del grado de tueste y considerando los ingredientes utilizados.

Fe

Ingrediente	Tueste	Número de muestras	Media	Error típ. de la media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Millo	Sin	45	26,67833	1,066815	7,156411	18,004	45,112
	Con	21	28,29643	1,790826	8,206597	20,735	55,838
	Total	66	27,19318	,920864	7,481134	18,004	55,838
Trigo	Sin	43	36,62330	,894307	5,864364	28,017	53,351
	Con	7	37,26714	2,071217	5,479924	31,054	43,757
	Total	50	36,71344	,814933	5,762448	28,017	53,351
Millo canario	Sin	15	28,98620	1,281315	4,962511	23,412	38,870
	Total	15	28,98620	1,281315	4,962511	23,412	38,870
Trigo-millo	Sin	23	31,74070	,865858	4,152507	24,441	39,744
	Total	23	31,74070	,865858	4,152507	24,441	39,744
Cereales	Sin	26	35,90754	1,424331	7,262694	19,993	54,696
	Con	1	34,71900	.	.	34,719	34,719
	Total	27	35,86352	1,371270	7,125329	19,993	54,696
Total	Sin	152	32,06416	,607419	7,488761	18,004	54,696
	Con	29	30,68324	1,556212	8,380458	20,735	55,838
	Total	181	31,84291	,567193	7,630805	18,004	55,838

TABLA XCVII

Concentraciones de zinc en función del grado de tueste y considerando los ingredientes utilizados.

Zn

Ingrediente	Tueste	Número de muestras	Media	Error típ. de la media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Millo	Sin	45	23,65511	,279529	1,875140	19,231	26,394
	Con	21	22,61038	,519324	2,379842	18,635	26,533
	Total	66	23,32270	,257118	2,088840	18,635	26,533
Trigo	Sin	43	24,14235	,438297	2,874104	20,388	35,660
	Con	7	24,06014	,728067	1,926285	21,877	27,106
	Total	50	24,13084	,388216	2,745103	20,388	35,660
Millo canario	Sin	15	26,24593	,460617	1,783962	23,536	29,724
	Total	15	26,24593	,460617	1,783962	23,536	29,724
Trigo-millo	Sin	23	23,95491	,406875	1,951306	20,570	30,659
	Total	23	23,95491	,406875	1,951306	20,570	30,659
Cereales	Sin	26	24,72954	,351621	1,792924	20,911	29,651
	Con	1	24,63900	.	.	24,639	24,639
	Total	27	24,72619	,338364	1,758193	20,911	29,651
Total	Sin	152	24,27777	,186039	2,293644	19,231	35,660
	Con	29	23,03028	,428727	2,308767	18,635	27,106
	Total	181	24,07790	,173571	2,335157	18,635	35,660

TABLA XCVIII

Concentraciones de manganeso en función del grado de tueste y considerando los ingredientes utilizados.

Mn

Ingrediente	Tueste	Número de muestras	Media	Error típ. de la media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Millo	Sin	45	7,20653	,427571	2,868235	4,089	17,853
	Con	21	6,65324	,605676	2,775557	4,211	17,145
	Total	66	7,03048	,348301	2,829612	4,089	17,853
Trigo	Sin	43	32,49270	,484511	3,177152	25,765	41,524
	Con	7	33,13971	1,023696	2,708444	29,359	36,286
	Total	50	32,58328	,438222	3,098698	25,765	41,524
Millo canario	Sin	15	8,25473	,716560	2,775224	5,292	14,538
	Total	15	8,25473	,716560	2,775224	5,292	14,538
Trigo-millo	Sin	23	22,59683	1,245073	5,971162	10,709	34,735
	Total	23	22,59683	1,245073	5,971162	10,709	34,735
Cereales	Sin	26	23,09238	,775108	3,952289	9,640	29,221
	Con	1	34,35000	.	.	34,350	34,350
	Total	27	23,50933	,854479	4,440005	9,640	34,350
Total	Sin	152	19,50941	,899762	11,093009	4,089	41,524
	Con	29	14,00159	2,303880	12,406773	4,211	36,286
	Total	181	18,62694	,851642	11,457666	4,089	41,524

5.9.6. Estimación de la ingesta y comparación de los resultados con otros autores.

Para estimar la ingesta de estos elementos minerales se han seguido los mismos criterios que para el sodio, potasio, calcio y magnesio, no obstante los datos de referencia son las IDR, y no las Ingestas Adecuadas (IA) utilizadas cuando se estimó la ingesta para el sodio, potasio y calcio.

En la tabla XCIX, se observa el porcentaje de la IDR para el cobre por el consumo de 30 g de gofio, o de 15 g si tenemos en cuenta la población de niños. En ella se observa que el gofio contribuye de manera significativa a la ingesta de este metal pues para todos los grupos de población contribuye entre un 6 y un 14% de la IDR, en función del grupo de población que se trate y el tipo de gofio. Se alcanzan los mayores porcentajes de la IDR en el grupo de población de niños, tanto hombres como mujeres de 9 a 13 años.

TABLA XCIX

Ingesta Diaria Recomendada de cobre y porcentaje de la misma por el consumo de distintos tipos de gofio.

Cobre							
Grupo de población		IDR (µg/d)	Millo	Trigo	Millo canario	Trigo-Millo	Cereales
Niños	1-3 años	340	9,04	14,4	14,2	12,1	14,2
	4-8 años	440	6,99	11,1	11,0	9,34	10,9
Hombres	9-13 años	700	8,79	14,0	13,8	11,7	13,8
	14-18 años	890	6,91	11,0	10,9	9,24	10,8
	19-70 años	900	6,83	10,9	10,8	9,13	10,7
	>70 años	900	6,83	10,9	10,8	9,13	10,7
Mujeres	9-13 años	700	8,79	14,0	13,8	11,7	13,8
	14-18 años	890	6,91	11,0	10,9	9,24	10,8
	19-70 años	900	6,83	10,9	10,8	9,13	10,7
	>70 años	900	6,83	10,9	10,8	9,13	10,7
Embarazadas	14-50 años	1000	6,15	9,81	9,69	8,22	9,63
Lactación	14-50 años	1300	4,73	7,55	7,45	6,32	7,41

En cuanto al hierro, se encuentra bien representado en el gofio, pero al igual que lo que ocurre cuando este metal proviene de fuentes vegetales, su estado de oxidación hace que se encuentre en la forma menos biodisponible. No obstante, en dietas equilibradas, con frutas u otros alimentos que posean sustancias reductoras, la absorción intestinal se puede ver favorecida (Rubio y *col*, 2006b).

La tabla C muestra los porcentajes de la IDR alcanzados, se observa en el comportamiento de este metal que existen grandes variaciones, pues las ingestas varían significativamente en función del grupo de población que se esté estudiando. Aún así, el consumo de 30 g de gofio de trigo en adultos y 15 g en niños, llega a alcanzar aproximadamente entre un 4 y un 13,5 % de la IDR para toda la población. Las mujeres en edades fértiles y los niños tienen unos requerimientos mayores por lo que en estas poblaciones es donde únicamente contribuye de menor manera, siendo los porcentajes alcanzados del 4 al 7% aproximadamente.

Para todos los hombres excepto los jóvenes con edades comprendidas entre 14 y 18 años y para la mujeres de más de 50 años, todos los tipos de gofio llegan aportar más del 10% de la IDR, este dato es de especial interés, sobre todo porque se debe mantener el consumo que de este alimento hace la población anciana ya que según la ENCA son el grupo de población que más gofio consume. Considerando los niveles recomendados para España, Carvajal (2001) señala que para los ancianos el hierro que se recomienda es una ingesta diaria de 10 mg, de los que, al menos, un 25% debe ser hierro hemo, de origen animal. El consumo de gofio no deja de ser una fuente de hierro interesante, formando parte de ese 75% de hierro que se aconseja su ingesta a través de alimentos de origen vegetal, tomando aún mayor relevancia en la población anciana (Rubio y col, 2007b; Caballero y col, 2002b).

TABLA C

Ingesta Diaria Recomendada de hierro y porcentaje de la misma por el consumo de distintos tipos de gofio.

Hierro							
Grupo de población		IDR (mg/d)	Millo	Trigo	Millo canario	Trigo-Millo	Cereales
Niños	1-3 años	7	5,83	7,89	6,21	6,79	7,69
	4-8 años	10	4,08	5,52	4,35	4,76	5,39
Hombres	9-13 años	8	10,2	13,8	10,9	11,9	13,5
	14-18 años	11	7,42	10,0	7,91	6,65	9,79
	19-70 años	8	10,2	13,8	10,9	11,9	13,5
	>70 años	8	10,2	13,8	10,9	11,9	13,5
Mujeres	9-13 años	8	10,2	13,8	10,9	11,9	13,5
	14-18 años	15	5,44	7,36	5,80	6,34	7,18
	19-50 años	18	4,53	6,13	4,83	5,28	5,98
	51-70 años	8	10,2	13,8	10,9	11,9	13,5
	>70 años	8	10,2	13,8	10,9	11,9	13,5
Embarazadas	14-50 años	27	3,02	4,09	3,22	3,52	3,99
Lactación	14-18 años	10	8,16	11,0	8,70	9,51	10,8
	19-50 años	9	9,07	12,3	9,67	10,6	12

En cuanto al zinc, el contenido de este mineral en el gofio permite abarcar parte de su recomendación, cubriendo un porcentaje de un 3,3 a 9 % para la población adulta, y en más de un 11,5% de la IDR para niños entre 1 y 3 años, según se puede observar en la tabla CI. Se puede afirmar que, teniendo en cuenta que la ingesta de zinc es difícil de conseguir con la dieta habitual, la contribución del gofio a la ingesta de zinc cobra aún mayor importancia ya que son pocas las veces que quedan cubiertas las ingestas recomendadas con la dieta habitual (Rubio y col, 2006a).

TABLA CI
Ingesta Diaria Recomendada de zinc y porcentaje de la misma por el consumo de distintos tipos de gofio.

Zinc							
Grupo de población		IDR (mg/d)	Millo	Trigo	Millo canario	Trigo-Millo	Cereales
Niños	1-3 años	3	11,6	12,0	13,1	11,9	12,3
	4-8 años	5	6,99	7,23	7,86	7,17	7,41
Hombres	9-13 años	8	8,74	9,04	9,83	8,96	9,26
	14-70 años	11	6,35	6,57	7,15	6,52	6,74
	>70 años	11	6,35	6,57	7,15	6,52	6,74
Mujeres	9-13 años	8	8,74	9,04	9,83	8,96	9,26
	14-18 años	9	7,77	8,03	8,73	7,97	8,23
	19-70 años	8	8,74	9,04	9,83	8,96	9,26
	>70 años	8	8,74	9,04	9,83	8,96	9,26
Embarazadas	14-18 años	12	5,83	6,03	6,55	5,98	6,18
	19-50 años	11	6,35	6,57	7,15	6,52	6,74
Lactación	14-18 años	13	5,38	5,56	6,05	5,52	5,70
	19-50 años	12	5,83	6,03	6,55	5,98	6,18

Para el manganeso, en la tabla CII se observa que las concentraciones muestran gran variabilidad, como se puso de manifiesto en el apartado dedicado al estudio de los niveles de este metal, por lo que al determinar la contribución a la IDR, los resultados varían igualmente en función del tipo de gofio. Para el gofio de millo, se alcanzan los menores porcentajes hasta un 13,2 % de la IDR en el grupo de mujeres con edades comprendidas entre 9 y 18 años, llegándose a alcanzar un 15,6% con la ingesta de 30g de gofio de millo canario. Sin embargo, para los gofios de trigo, trigo-millo y cereales la ingesta de gofio contribuye desde un 22,6 a un 61,1 % de las IDR, valores que son considerablemente altos, teniendo en cuenta que el resto de la dieta podría contribuir a alcanzar la totalidad de la ingesta adecuada establecida para el manganeso.

TABLA CII
Ingesta Diaria Recomendada de manganeso y porcentaje de la misma por el consumo de distintos tipos de gofio.

Manganeso							
Grupo de población		IA (mg/d)	Millo	Trigo	Millo canario	Trigo-Millo	Cereales
Niños	1-3 años	1,2	8,81	40,7	10,3	28,2	29,4
	4-8 años	1,5	7,05	32,6	8,26	22,6	23,5
Hombres	9-13 años	1,9	11,1	51,5	13,0	35,7	37,1
	14-18 años	2,2	6,61	44,4	11,3	30,8	32,0
	19-70 años	2,3	9,20	42,5	10,8	29,5	30,6
	>70 años	2,3	9,20	42,5	10,8	29,5	30,6
Mujeres	9-18 años	1,6	13,2	61,1	15,6	42,4	44,0
	19-70 años	1,8	11,7	54,3	13,8	37,7	39,2
	>70 años	1,8	11,7	54,3	13,8	37,7	39,2
Embarazadas	14-50 años	2,0	10,6	48,9	12,4	33,9	35,2
Lactación	14-50 años	2,6	8,13	37,6	9,53	26,1	27,1

Los niveles de cobre observados se encuentran dentro de los rangos que se publican en tablas de composición de alimentos, tal y como se puede observar en las tablas que se muestran en el apartado “revisión y antecedentes”. Se debe destacar que según esas tablas la cebada es para varios autores la que más cobre presenta. También se ha observado en el arroz salvaje producido en Canadá concentraciones de hasta 14,4 mg/Kg (Pip, 1993).

Los datos de estudios realizados en gofio son bastante escasos, no obstante, Ortega y *col*, (2004) y Suárez-Fraga y *col* (1990) establecen similar concentración de zinc para el gofio de trigo de 2,47 mg/100g y 3,35 para el de millo. Los valores medios estudiados son prácticamente iguales para el gofio de trigo; 2,41 mg/100g e inferiores para el de millo, siendo de 2,33 mg/100g.

Por otro lado, Farran y *col*, (2003) establecen para lo que denomina “gofio canario tostado” unos niveles de zinc de 0,7 mg/100g que son más bajos que los establecidos por el resto de autores. Estos resultados son acordes con los observados por otros autores para el trigo y derivados, según la tabla CIII, en la que se comparan los resultados del estudio con otros autores, y para otros alimentos derivados de cereales.

Las concentraciones de hierro observadas en este estudio, parecen no discrepar con otros autores. Destaca en la tabla CIII como el contenido en hierro del trigo descrito por Kot y Zareba (2005) es prácticamente el mismo que el resultado obtenido en este estudio.

Cerpa y *col*, 2001 establecen el contenido medio de hierro en el gofio de millo en $71,0 \pm 24$ mg/Kg y 64,0 mg/Kg en el de trigo. Estos valores son más altos que las concentraciones obtenidas en el presente estudio, ya que el valor más alto encontrado fue en un gofio de millo con 55,8 mg/Kg.

En un estudio realizado en Croacia, los niveles de hierro y manganeso hallados en la harina de trigo utilizada para la elaboración de galletas fueron 9,32-24,80 mg/Kg y 3,76-16,37 mg/Kg, respectivamente. No obstante, en la harina para elaboración de galletas las concentraciones de minerales no solamente varían en función del tipo de cereal molido sino también del contenido mineral de otras materias primas añadidas (Sebecic y *col*, 2002).

TABLA CIII

Comparación de resultados con los obtenidos por otros autores
(mg/Kg)

Autor	Alimento	Cobre	Hierro	Zinc	Manganeso
Kot y Zareba, (2005)	Trigo	-	24,2-36,0	-	24,6-27,1
Kot y Zareba, (2005)	Harina de trigo	-	8,9-34,7	-	2,0-46,9
Li y <i>col</i> , (2003)	Arroz	$4,86 \pm 2,595$	-	-	-

Micco y col, (1987)	Derivados de trigo duro	1,80-39,7	-	8,8-117,6	-
Conty y col, (2000)	Trigo blando	3,2-3,4	-	33-32	-
Conty y col, (2000)	Trigo duro	3,2-3,5	-	34	-
Jorhem y col, (2001)	Harina de trigo	1,7	-	7,6	6,2
Jorhem y col, (2001)	Harina de arroz	3,8	-	28	30
En este estudio	Gofio de trigo	3,27	36,8	24,1	32,6
	Gofio de millo	2,05	27,2	23,3	7,05

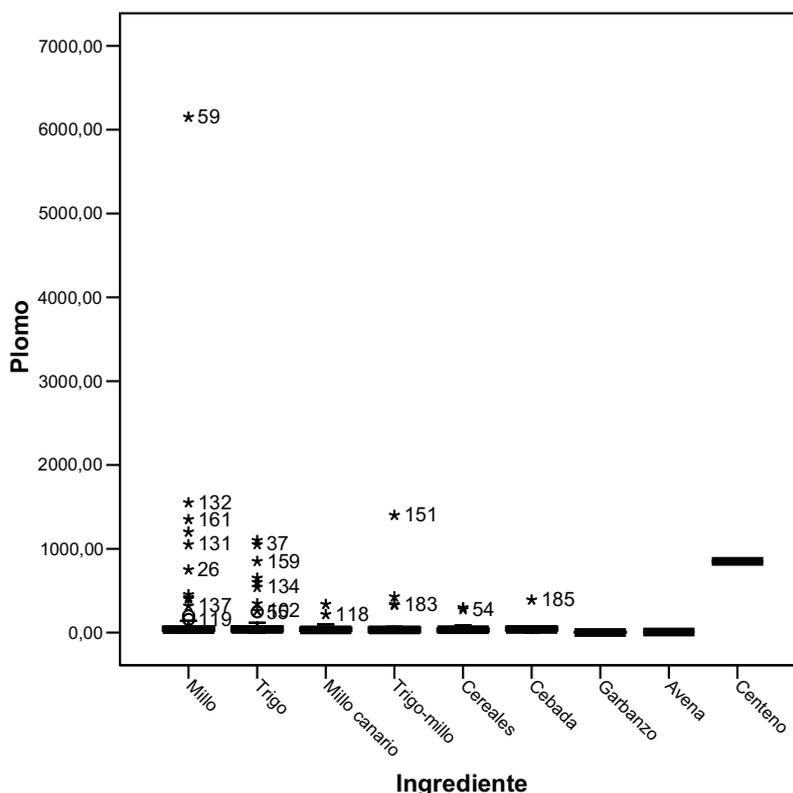
5.10. NIVELES DE METALES TÓXICOS; PLOMO Y CADMIO.

5.10.1 Resultados de plomo.

La figura 85 muestra un diagrama de cajas de los niveles de plomo obtenidos en función de los ingredientes utilizados para la elaboración de gofio, en ella se puede observar claramente que la inmensa mayoría de las muestras poseen unas concentraciones muy bajas y una escasa dispersión de los valores obtenidos, no apreciándose asimetría evidente. Por tal motivo, no resulta de interés determinar las concentraciones de este metal pesado en función del tipo de gofio.

FIGURA 85

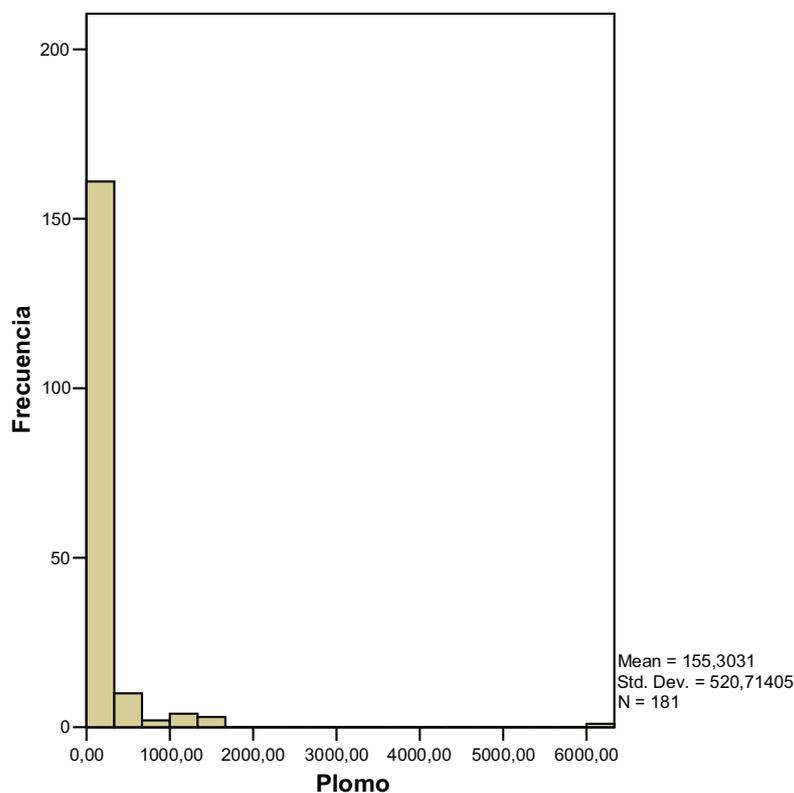
Diagrama de cajas para los niveles de plomo según los ingredientes utilizados (µg/Kg).



En la figura 86 se observa una distribución de frecuencias en relación con los niveles de plomo teniendo en cuenta la totalidad de los gofios estudiados, igualmente se observa que la gran mayoría de ellos presentan niveles bajos.

FIGURA 86

Distribución de frecuencias para niveles de plomo teniendo en cuenta la totalidad de los gofios estudiados ($\mu\text{g}/\text{Kg}$).



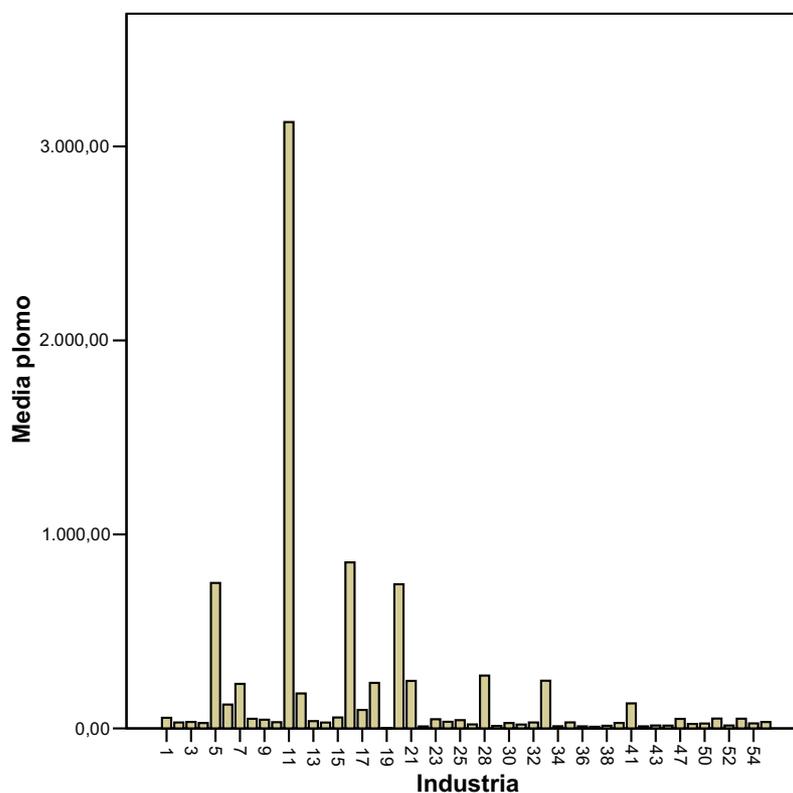
No obstante, merece la pena destacar la gran cantidad de valores alejados que se muestran con independencia del tipo de gofio estudiado, pues no se debe a este hecho el incremento de la concentración, sino a la empresa que lo produce. Las muestras señaladas como valores aislados en la figura 85 corresponden a las siguientes empresas: la muestra 59 a la industria 11, la 137 a la 12, la 151,159 y 161 a la 16, la 131,132 y 134 a la 20, la 183,185 a la 21 y la 118 y 119 a la 41.

Considerando las industrias productoras, en la figura 87 se observan los niveles de plomo para cada una de las industrias. A la vista de estos resultados es evidente que las concentraciones son significativamente altas para determinadas empresas. Teniendo en cuenta que la gran mayoría de las materias primas forman parte de las mismas partidas de cereal que llegan al Archipiélago Canario y que los proveedores en muchas ocasiones son los mismos, a la vista de los resultados, da lugar a proponer que las contaminaciones de plomo se producen en el interior de algunas fábricas.

Se observa la existencia de 8 muestras pertenecientes a 4 industrias (industrias 5, 11, 16 y 20), que poseen niveles significativamente superiores a los encontrados para la mayoría. Como consecuencia no sólo la media se incrementa de manera notable, sino de igual forma lo hace la desviación estándar. La industria codificada con el número 11 es la que presentó la muestra con el valor más alto, se trata de un gofio de millo cuya concentración de plomo fue de 6,1 mg/Kg, no

obstante de esta misma empresa se obtuvo otra muestra de gofio de millo la cual presentó una concentración de 0,1 mg/Kg.

FIGURA 87
Concentración media de plomo en función de la industria ($\mu\text{g/Kg}$).



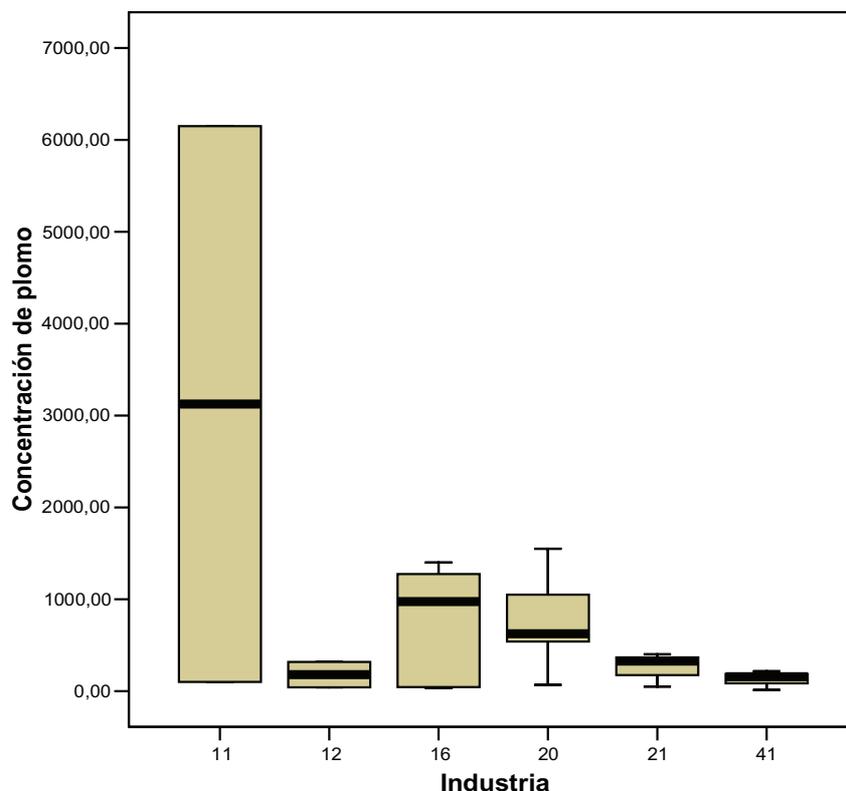
En la tabla CIV se observan los resultados de plomo obtenidos tomando en consideración todos los tipos de gofio que fueron analizados en cada una de las industrias que destacan por sus niveles altos, en la figura 87. Igualmente se representan los niveles de plomo para las industrias cuestionadas (figura 88), observándose el grado de dispersión de los resultados obtenidos al usarse un diagrama de cajas.

TABLA CIV
Concentraciones de plomo teniendo en cuenta cada una de las industrias ($\mu\text{g/Kg}$).

Industria	Número de muestras	Intervalo	Media \pm desviación estándar
11	2	100,7 - 6150	3125,3 \pm 4277,5
12	2	42,1 - 318,0	180,1 \pm 195,0
16	8	33,55 - 1400	752,9 \pm 612,4
20	6	67,61 - 1550	743,0 \pm 504,3
21	7	50,00 - 401,0	265,9 \pm 151,6
41	3	13,23 - 216,6	128,9 \pm 104,6

FIGURA 88

Diagrama de cajas para los niveles de plomo según la industria productora.



En la determinación de metales pesados, con interés toxicológico no parece relevante determinar las variaciones en función de los parámetros que podían influir en la concentración de macro y micronutrientes, como es la adición de sal, el mayor tueste o la tamización. El interés en los niveles de plomo y el cadmio viene dado por la cantidad presente en el gofio que se comercializa, que es el que ingiere el consumidor final, aspecto fundamental para la evaluación del riesgo.

Queda patente que el problema del plomo se produce únicamente en las industrias cuestionadas por lo que, como no podía ser de otra forma, se le puso en conocimiento a la APGC con el objeto de estudiar el posible origen de la contaminación. Se puso de manifiesto que podría deberse a la utilización de piezas de ese metal que desde muy antiguo se utilizaban como contrapeso de las muelas del molino. Si bien estas piezas de plomo se disponían en zonas donde no estaban en contacto directo con el gofio, es sin duda el único origen posible de las contaminaciones detectadas.

5.10.2 Resultados de cadmio.

En cuanto a los niveles de cadmio, en la tabla CV se observan los niveles de este metal para los gofios mejor estudiados, destaca en los gofios de trigo que poseen las mayores concentraciones de cadmio, este hecho también se puede observar en la figura 89 en la cual mediante diagramas de cajas se representan los mismos valores. Los resultados para los gofios con menor representatividad (cebada, garbanzo, avena y centeno) se expresan en la tabla CVI.

TABLA CV

Niveles de cadmio para los gofios de millo, trigo, millo canario, trigo-millo y cereales ($\mu\text{g}/\text{Kg}$).

Tipo de gofio	Intervalo	Media \pm desviación estándar	Intervalo de confianza para la media al 95%	Asimetría	Curtosis	Error típico
Millo	1,81 – 106	13,9 \pm 16,2	9,89 – 17,9	3,72	17,0	2,01
Trigo	4,39 – 207,7	115 \pm 62,9	96,96 – 17,9	-0,17	-1,29	8,99
Millo canario	5,26 – 24,4	12,7 \pm 5,93	9,42 – 16,0	0,877	-0,24	1,53
Trigo-millo	4,53 – 159	60,0 \pm 50,5	38,1 – 81,8	0,74	-0,71	10,5
Cereales	3,05 – 123	62,1 \pm 37,0	47,4 – 76,8	-0,23	-0,23	7,13

TABLA CVI

Niveles de cadmio en gofios de cebada, garbanzo, avena y centeno.

Tipo de Gofio	Gofio cebada	Gofio garbanzo	Gofio avena	Gofio centeno
Número de muestras	8	3	1	1
Cd	Intervalo	(6,62 – 154,6)	12,6	14,9
	Media \pm D. estándar	50,3 \pm 46,5		

Se observa en la figura 89 que los gofios elaborados solamente con millo poseen las concentraciones más bajas y que además los valores muestran muy poca dispersión si se comparan con la observada para los gofios de trigo, exceptuando claro está, aquellos valores aislados que se aprecian en el gofio de millo. La media resultante de 115 $\mu\text{g}/\text{Kg}$ para los gofios de trigo es significativamente mayor que la obtenida para los gofios de millo, como se puede apreciar observando las barras de error de la figura 90, situándose en un término medio los niveles cadmio en el gofio trigo-millo.

FIGURA 89

Diagrama de cajas para los niveles de cadmio según los ingredientes utilizados ($\mu\text{g}/\text{Kg}$).

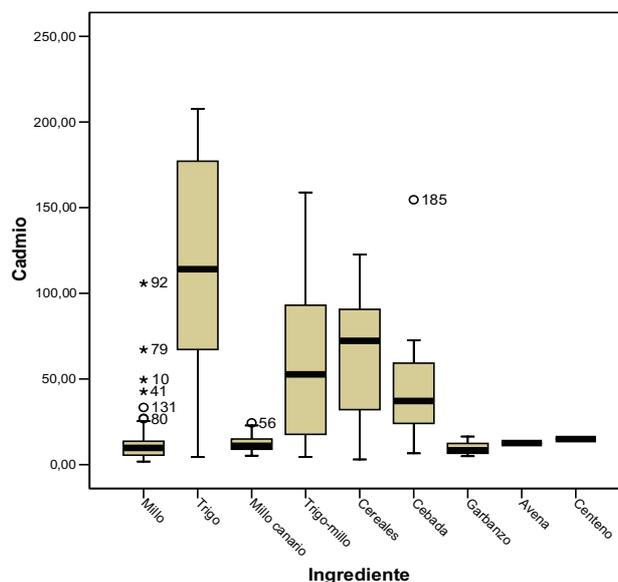
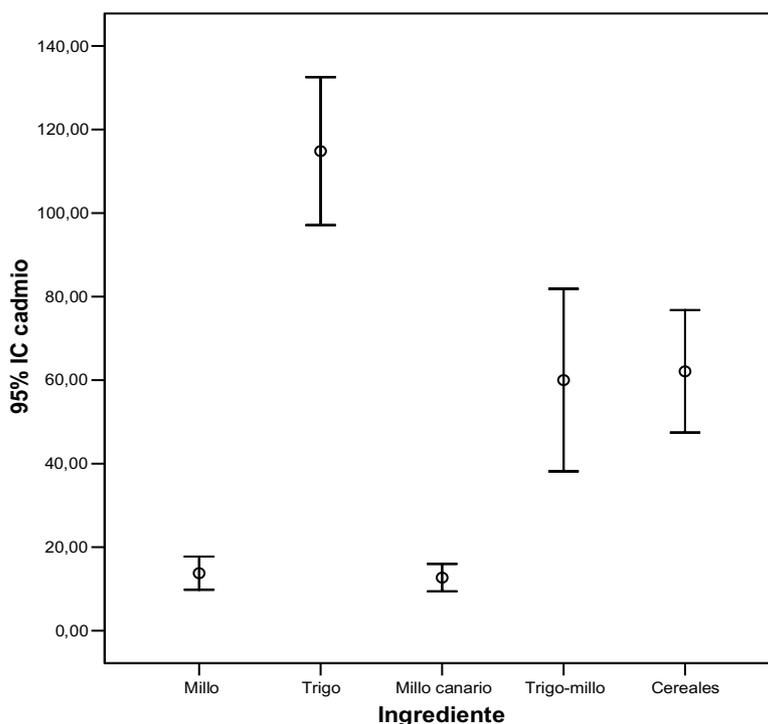


FIGURA 90

Barras de error para los niveles de cadmio según los ingredientes utilizados.



Si bien por lo expuesto es evidente la existencia de diferencias significativas, mediante la prueba de Kruskal-Wallis (tabla CVII) se verificaron las mismas teniendo en cuenta el cereal empleado, las cuales quedaron patentes al realizar la prueba de Mann-Whitney que demostró que existen diferencias significativas entre los distintos tipos de gofios más estudiados, excepto entre aquellos elaborados con millo y millo canario en los que no se pudo demostrar diferencias significativas.

TABLA CVII

Prueba de Kruskal-Wallis para los niveles de cadmio en función del ingrediente utilizado.

Rangos

ingrediente	N	Rango promedio
Millo	66	49,52
Trigo	50	139,73
Millo canario	15	58,37
Trigo-millo	23	105,07
Cereales	27	108,31
Total	181	

Estadísticos de contraste^{a,b}

	cadmio
Chi-cuadrado	95,053
gl	4
Sig. asintót.	,000

a. Prueba de Kruskal-Wallis

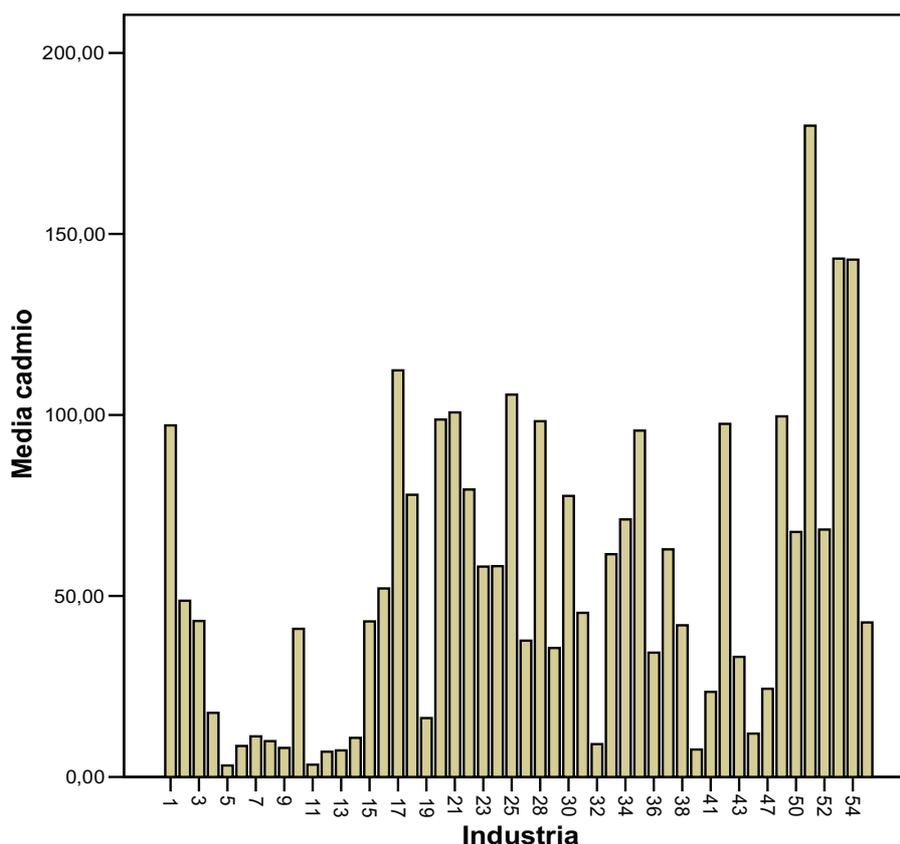
b. Variable de agrupación: ingrediente

Es evidente que la principal fuente de cadmio en el gofio tiene su origen en la utilización de trigo como materia prima el cual posee concentraciones muy variables, no obstante en la figura 91 se muestran las medias de cadmio en los

gofios obtenidos en cada una de las industrias, si bien la interpretación de esta figura es compleja, ya que dependerá de los tipos de gofio en cada industria. Sin embargo, merece la pena destacar que los niveles más bajos se observan en aquellas industrias (números 1 al 15) provenientes de la provincia de Las Palmas de Gran Canaria, ello se debe a que de esas empresas se obtuvieron pocas muestras en las que participara el trigo como materia prima.

FIGURA 91

Diagrama de barras para los niveles de cadmio en función de la industria.



5.10.3 Estimación de la ingesta de plomo y cadmio y comparación con otros autores.

Con objeto de poder evaluar desde el punto de vista toxicológico el plomo y cadmio por la ingesta de gofio, se procedió a establecer el margen de seguridad (MOS) el cual se define como la IDA o dosis con probabilidad de efecto aceptable dividido por la TDI (Ingesta que se produce o que se predice), con el valor obtenido se concluirá si existe riesgo (si $MOS < 1$), si hay motivo de preocupación ($MOS = 1$), cuando no hay riesgo teórico pero hay motivo de preocupación ($1 > MOS < 10$), o bien cuando no existe riesgo, al ser el MOS mayor que el valor 10 (Vilanova, 2006). Se ha considerado la ingesta de 30 g de gofio y la ingesta semanal tolerable para el plomo y cadmio, que está establecida en 25 μg y 7 μg respectivamente.

En las tablas CVII y CVIII se pueden observar los márgenes de seguridad para el plomo y cadmio, respectivamente. En el primero se estudió el riesgo teniendo en cuenta aquellas industrias que poseían las mayores concentraciones de plomo,

es decir aquellas que según se observa en la figura 87 presentan las muestras con las mayores concentraciones de plomo. No parece relevante evaluar el riesgo en el resto de las industrias, pues en la gran mayoría este metal no fue detectado o bien su concentración era muy baja.

TABLA CVII

Valoración toxicológica de la ingesta de plomo en función de la industria.

Número de industria	Media (µg/Kg)	Aporte ingesta de 30 g de gofio (µg)	MOS (personas de 65 Kg)	MOS (personas de 70 Kg)	MOS (personas de 75 Kg)
11	3125,3	93,7	2,48	2,67	2,87
12	180,1	5,40	42,9	46,3	49,6
16	752,9	22,6	10,3	11,1	11,8
20	743,0	22,3	10,4	11,2	12,0
21	265,9	7,98	29,1	31,3	33,5
41	128,9	3,87	59,9	64,6	69,2

En la tabla CVII se establece el margen de seguridad para el consumo de 30 g diarios de gofio de las industrias que más plomo presentan. Se puede observar que para la industria número 11 que es la que posee mayor concentración media, existe motivo de preocupación, pues si bien no existe riesgo teórico al ser el MOS mayor que 1 este no supera el 10, por lo que es evidente que en esta industria se debe intervenir para evitar que se ponga a disposición del consumidor gofios con esos niveles de plomo. Por otro lado, en la tabla CVIII se observan los niveles de plomo obtenidos si eliminamos las muestras de las industrias de la tabla CVII, pues esa concentración es la que pudiera ser debida a la concentración de este metal proveniente de la materia prima.

TABLA CVIII

Tipo de gofio	Número de muestras	Media (µg/Kg)	Desviación estándar
Millo	55	62,3	126
Trigo	41	68,1	166
Millo canario	13	56,3	88,4
Trigo-millo	21	60,2	110
Cereales	25	38,9	54,4

Para el cadmio como se puede observar en la tabla CIX no se advierte la existencia de riesgo alguno, pues en todos los casos el MOS es mayor que 10.

TABLA CIX

Valoración toxicológica de la ingesta de cadmio en función del tipo de gofio.

Tipo de gofio	Media (µg/Kg)	Aporte ingesta de 30 g de gofio (µg)	MOS (personas de 65 Kg)	MOS (personas de 70 Kg)	MOS (personas de 75 Kg)
Millo	13,9	0,42	156	168	179
Trigo	115	3,45	18,8	20,3	21,7
Millo canario	12,7	0,38	171	184	197
Trigo-millo	60,0	1,80	36,1	38,9	41,6
Cereales	62,1	1,86	34,9	37,6	40,2

En las tablas CX y CXI se observan las concentraciones de plomo y cadmio respectivamente, obtenidas en derivados de cereales por otros autores, en ella se podría destacar, por ser trabajos españoles, los resultados de Santos y col, 1993 que realizan un estudio de contenido de plomo y cadmio en pastas alimenticias diferenciando las simples de la pastas compuestas, siendo estas últimas aquellas a las que se les ha incorporado gluten, carne, verduras, etc y los obtenidos por Cirugeda y col, 1992 que estudian los niveles de cadmio en derivados de cereales; así como los resultados en distintas muestras de arroz por Santos y col, 1992. Al pie de dichas tablas se observan los resultados medios para los gofios de trigo y millo, si bien respecto al plomo (tabla CX) las medias expuestas son aquellas obtenidas una vez eliminadas las muestras de las industrias cuestionadas.

TABLA CX.

Concentración de plomo en alimentos a base de cereales, por otros autores.

Autor	Alimento	Origen	Plomo (µg/Kg)
Conty y col, (2000)	Trigo blando	Italia	16-14 mg/Kg
Conty y col, (2000)	Trigo duro	Italia	15-14 mg/Kg
Micco y col, (1987)	Productos obtenidos a partir de trigo duro	Italia	0,04-0,8 mg/Kg
Pip E. (1993)	Arroz salvaje	Canadá	< 0,01-6,7 µg/g
Roca y col, (1999)	Cereales infantiles sin leche	España	36,1-305 ng/g
Roca y col, (1999)	Cereales infantiles con leche	España	53,5-598,3 ng/g
Santos y col, (1992)	Arroz	España	99,0 ± 12,7 µg/Kg
Santos y col, (1993)	Pastas simples	España	37,1 ± 1,7 µg/Kg
Santos y col, (1993)	Pastas compuestas	España	26,5 ± 3,2 µg/Kg
Tahvonen y Kumpulainen, (1994).	Distintos panes	Finlandia	14-30 µg/Kg
Tahvonen y Kumpulainen, (1993)	Cereales de desayuno basados en trigo	Finlandia	22 µg/Kg
Tahvonen y Kumpulainen, (1993)	Productos de centeno	Finlandia	29 µg/Kg
Tahvonen y Kumpulainen, (1993)	Productos de millo	Finlandia	11 µg/Kg
Tahvonen y Kumpulainen, (1993)	Muesli de cereales	Finlandia	34 µg/Kg
En este estudio	Gofio de trigo	Canarias	68,1 µg/Kg
	Gofio de millo	Canarias	62,3 µg/Kg

TABLA CXI

Concentración de cadmio en alimentos a base de cereales, por otros autores.

Autor	Alimento	Origen	Cadmio
Cirugeda y col,(1992)	Galletas	España	5,73 ± 0,46 µg/Kg
Cirugeda y col,(1992)	Bollería	España	7,42 ± 0,62 µg/Kg
Cirugeda y col,(1992)	Copos de cereales	España	12,42 ± 1,58 µg/Kg
Cirugeda y col,(1992)	Pan	España	14,26 ± 0,93 µg/Kg
Cirugeda y col,(1992)	Panes especiales	España	17,95 ± 2,45 µg/Kg
Conty y col, (2000)	Trigo blando	Italia	33-40 mg/Kg
Conty y col, (2000)	Trigo duro	Italia	39-42 mg/Kg
Li y col, (2003)	Arroz	China	0,099±0,039

Micco y col, (1987)	Productos obtenidos a partir de trigo duro	Italia	0,02-1,39 mg/Kg
Pip E. (1993)	Arroz salvaje	Canadá	< 0,01-6,2 µg/g
Roca y col, (1999)	Cereales infantiles sin leche	España	6,6-35,8 ng/g
Roca y col, (1999)	Cereales infantiles con leche	España	2,9-4,0 ng/g
Santos y col, (1992)	Arroz	España	6,3 ± 5,5 µg/Kg
Santos y col, (1993)	Pastas compuestas	España	31,3 ± 1,6 µg/Kg
Santos y col, (1993)	Pastas simples	España	27,1 ± 1,5 µg/Kg
Shimbo y col, (2001)	Arroz	Japón	50 ng/g
Shimbo y col, (2001)	Harina de trigo	Japón	19 ng/g
Tahvonon y Kumpulainen, (1994)	Distintos panes	Finlandia	8-19 µg/Kg
Tahvonon y Kumpulainen, (1993)	Cereales de desayuno basados en trigo	Finlandia	42 µg/Kg
Tahvonon y Kumpulainen, (1993)	Productos de centeno	Finlandia	26 µg/Kg
Tahvonon y Kumpulainen, (1993)	Productos de millo	Finlandia	18 µg/Kg
Tahvonon y Kumpulainen, (1993)	Muesli de cereales	Finlandia	27 µg/Kg
En este estudio	Gofio de trigo	Canarias	115 µg/Kg
	Gofio de millo	Canarias	13,9 µg/Kg

En general, parece que la gran mayoría de los autores atribuyen fundamentalmente el origen de la contaminación con metales pesados, en alimentos derivados de cereales, a los niveles observados en las materias primas. Como ejemplo se podría citar un estudio que determinó niveles de plomo y cadmio en fórmulas infantiles y en el que se pudo observar que aquellas elaborados sólo con cereales, especialmente elaborados con harina de trigo y trigo sarraceno, poseían los niveles más altos. Además dicho estudio concluyó que el origen de la contaminación era debido a las materias primas y a los productos intermedios (Jedrzejczak y Szteke, 1991).

En este estudio, podríamos realizar la misma afirmación formulada para el caso del cadmio, que parece que los niveles altos de ese metal deben su origen a su aparición en el trigo de partida, ya que en aquellos gofios que no poseen este cereal como materia prima los niveles de cadmio son significativamente más bajos. No obstante para el plomo, se produce una situación totalmente distinta, las concentraciones altas no se relacionan directamente con el cereal empleado, sino al proceso de producción del alimento en las industrias.

Teniendo en cuenta los datos de la tabla CIX, se observa que la ingesta diaria de cadmio por el consumo de 30 g de gofio es 3,45 µg, dicho valor es destacable si se compara con los señalados por Rubio y col (2006c) que basándose en el consumo de cereales de la ENCA (2000) estableció que este grupo de alimentos aporta 1,06 µg/día.

La ingesta estimada de cadmio para la población canaria establecida por Rubio y col (2006c) fue de 11,1 µg/día. No obstante, las ingestas de cadmio estimadas por otros autores, para otras poblaciones, son muy variadas; desde 3,6 µg/día en Francia (Noel y col, 2003) a los 143,4 µg/día en población de Groenlandia (Johansen y col, 2000). Para el plomo, la ingesta debida al consumo de alimentos

del grupo de cereales se estimó para la población canaria en 0,208 µg/día, evidentemente muy por debajo de la estimación realizada para las industrias cuestionadas, tal y como se observa en la tabla CVII (Rubio y col, 2005).

6. CONCLUSIONES.

1. La mayoría de las empresas productoras de gofio son artesanales, muy poco tecnificadas y con una gran necesidad de mano de obra por lo que se hace necesaria su modernización desde el punto de vista industrial y empresarial, una mayor formación higiénico sanitaria y la estandarización/protocolización de los procesos con objeto de aumentar la rentabilidad. La calidad de los envases utilizados por muchas industrias debería mejorarse con el uso de materiales opacos que ofrecerían ventajas no solamente en la conservación del producto, sino también desde el punto de vista comercial.
2. Se evidencia la necesidad de recurrir a asesoramiento externo a la hora de realizar las menciones del etiquetado, pues la información nutricional, cuando se realiza, se hace de forma incorrecta, concretamente, la indicación de las unidades o que los porcentajes de las Cantidades Diarias Recomendadas (CDR) no se realiza conforme a la forma establecida en la normativa de aplicación en todos los envases estudiados.
3. Todas las industrias en las que se intervino se han adaptado a las nuevas normativas en materia de seguridad e higiene de los alimentos, implantando el Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico (APPCC) mediante cuadros de registros en cada una de las fases de elaboración del gofio. Sin embargo, siguen existiendo algunos molinos de gofio que no han finalizado la aplicación la totalidad de los parámetros requeridos en dicho análisis.
4. Los cambios introducidos tras implantar el Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico han sido los siguientes:
 - a) Un 86% de las industrias han llevado a cabo la sustitución de materiales por otros más higiénicos.
 - b) El 26 % realizaron alguna sustitución de maquinaria obsoleta, modernizando las instalaciones y adaptándolas a las necesidades actuales de los procesos de producción.
 - c) Un 60 % de las mismas aplicaron una reducción en los plazos de tiempo intermedios en las fases de producción del gofio.
5. El perfil sensorial de los tipos de gofios estudiados parece estar influenciado por el tipo de cereal empleado excepto en el caso de los gofios de mezcla trigo-millo en los que, a pesar de presentar una mayor homogeneidad que los gofios de millo en su perfil sensorial, no se apreciaron diferencias significativas, lo que implica una dificultad en su tipificación sensorial. Los gofios de millo tuvieron una mayor intensidad en los atributos relacionados con el tratamiento térmico al que se somete el cereal.
6. El estudio del contenido en macronutrientes de los gofios de trigo, millo y mezcla pone de manifiesto que, a pesar de que los niveles de proteínas (de

origen vegetal) de este producto son menores que los observados en otras fuentes de proteínas vegetales como las legumbres o los frutos secos), las concentraciones observadas son de considerable interés nutricional, con una media de 12,1 g/100 g, 9,27 g/100g y 10,37 g/100g para los gofios de trigo, millo y mezcla, respectivamente.

7. Respecto al contenido en grasa total, el gofio debe ser considerado una fuente dietética pobre en grasa con niveles de 1,72; 3,32 y 2,74 g de grasa total/100 g para los gofios de trigo, millo y mezcla, respectivamente. Se evidencia una mayor riqueza de grasa total en el gofio de millo frente al gofio de trigo que es consecuencia del contenido inicial de grasa en el cereal (materia prima) de partida.
8. Es de destacar el alto contenido en hidratos de carbono del gofio y la ausencia de grandes diferencias en los valores de este macronutriente entre los distintos gofios analizados (81,8 g/100g para el gofio de trigo, 82,9 g/100 g para el gofio de millo y 82,2 g para el gofio de mezcla). Teniendo en cuenta que las recomendaciones dietéticas para la población española sugieren un consumo medio diario de entre 300 y 400 g de carbohidratos/día, el gofio ha sido, es y será una importante fuente dietética de este macronutriente para la población canaria si su ingesta diaria se mantiene y promociona.
9. El estudio de los niveles de vitaminas en los gofios de trigo, millo y mezcla destaca la mayor riqueza en vitaminas B₁, B₂ y B₃ del gofio de trigo. El consumo medio diario de 30 g de gofio de trigo aporta a la población canaria mayor de 60 años el 12,5% y 13,6% de las recomendaciones dietéticas de tiamina, en el caso de hombres y mujeres, respectivamente, y el 17,5% y el 18,7% de las IDR de vitamina B₃ para hombres y mujeres. El consumo de gofio de millo no contribuye de forma importante a las IDR de tiamina y riboflavina pero sí resulta interesante su contribución a las recomendaciones de niacina (Vit B₃) ya que el consumo de 30 g diarios por parte de la población adulta mayor de 60 años puede llegar a ser de 11,9% para los hombres y 12,6% para las mujeres.
10. Los niveles de sodio en los gofios de Canarias dependen fundamentalmente de la adición de sal durante el proceso de elaboración, que a su vez, depende de la isla de producción. Las concentraciones de sodio son muy variables, con un intervalo de 25,5 a 2932 mg/Kg. El gofio de millo es el que posee los niveles de sodio más bajos. Es fundamental para aquellos consumidores que tienen limitada la ingesta de sal, la lectura de la indicación de la presencia de sal en los ingredientes que se señala en los envases, pues en ocasiones los niveles de sodio que presenta el gofio son extremadamente elevados para ese grupo de población.
11. La mayoría de los gofios, independientemente de las materias primas, poseen una concentración alta de potasio con un intervalo de 1300-2300 mg/Kg. El gofio de cereales es el que más potasio posee, con una media de 2189±766 mg/Kg, seguido del gofio de trigo con 2053±452 mg/Kg de concentración media. La ingesta de 30 g de gofio, o 15 g en niños menores de 8 años, llega a alcanzar unos porcentajes de la IDR de potasio de 1 a un 2 %

consiguiéndose el mayor porcentaje por el consumo de gofio de trigo en el grupo de población de niños de 1 a 3 años de edad.

12. Los niveles de calcio en el gofio de trigo son significativamente más altos que en otros gofios, con una media de $259 \pm 66,5$ mg/Kg. Los que poseen menor concentración son los de millo y los de millo de origen canario con intervalos de 33,0-220 y 51,8-162 mg/Kg, respectivamente.
13. El gofio que más magnesio posee es el elaborado con millo con medias de $541 \pm 49,4$ y $581 \pm 47,9$ mg/Kg, respectivamente, para el millo y millo de origen canario, entre los cuales se evidenciaron diferencias significativas. El aporte de magnesio a la dieta a través del gofio es sin duda de gran importancia. Para adultos, el consumo de 30 g de gofio aporta entre el 3,57 y 7,26 % de la IDR, haciendo de él un interesante alimento para el grupo de población anciana. En niños con edades comprendidas entre 1 y 3 años el consumo de 15 g de gofio aporta aproximadamente entre un 10 y un 21% de su IDR, en función del tipo de gofio. En el grupo de edad de 4 a 8 años esta misma cantidad aporta entre un 6,20 y 12 % de la IDR.
14. El trigo es el cereal que más aporta cobre al gofio, siendo los niveles medios de cobre de $3,27 \pm 0,44$ mg/Kg para el gofio de trigo y $2,05 \pm 0,36$ mg/Kg para el de millo. La ingesta de 30 g de gofio, o 15 g en niños menores de 8 años, contribuye entre un 6 y un 14% de la IDR de cobre, para todos los grupos de población. Se alcanzan los mayores porcentajes de la IDR en el grupo de población de niños, tanto hombres como mujeres de 9 a 13 años.
15. La concentración de hierro varía relativamente poco en los distintos gofios (intervalo 18,0-55,8 mg/Kg), si bien se observaron diferencias significativas entre algunos grupos. El gofio que más hierro posee es el de trigo con una media de $36,8 \pm 5,76$ mg/Kg, por el contrario el gofio de millo es el que tiene menos hierro con una media de $27,2 \pm 7,54$ mg/Kg. El consumo de 30 g de gofio de trigo en adultos y 15 g en niños, llega a alcanzar aproximadamente entre un 4 y un 13,5 % de la IDR de hierro para toda la población. Para los varones, excepto para los jóvenes con edades comprendidas entre los 14 y 18 años, y para la mujeres de más de 50 años, todos los tipos de gofio llegan a aportar más del 10% de la IDR.
16. El intervalo de concentración de zinc para los gofios de millo, trigo, millo de origen canario, trigo-millo y cereales fue de 18,6 a 35,7 mg/Kg. El gofio que posee mayor concentración de zinc es el elaborado con millo canario, con una media de $26,2 \pm 1,78$ mg/Kg. El consumo de gofio en las cantidades señaladas permite obtener un porcentaje de un 3,3 a 9 % de la IDR de zinc para la población adulta, y en más de un 11,5% de la IDR para niños entre 1 y 3 años.
17. Los niveles de manganeso son significativamente mayores en el gofio de trigo. Este cereal cuando se utiliza como materia prima es el responsable del aumento de la concentración. La concentración de manganeso en el gofio de

trigo es de $32,6 \pm 3,09$ mg/Kg, por el contrario, para el gofio de millo es significativamente menor de $7,05 \pm 2,85$ mg/Kg. El manganeso es de los elementos minerales estudiados el que mayores porcentajes de la IDR alcanza al ingerir 30 g de gofio. El consumo de gofios de trigo, trigo-millo y cereales contribuye desde un 33,9 a un 61,1 % de las IDR para población adulta.

18. Se debe recomendar el consumo de gofio en la dieta de la población anciana canaria pues contribuye a cubrir los déficits nutricionales de los elementos minerales cobre, hierro, zinc y manganeso.
19. La tamización del gofio una vez obtenido, parece influir disminuyendo la concentración de elementos minerales en el gofio. En el gofio de millo se observó que los no tamizados poseen mayor concentración de hierro con una media de 28,4 mg/Kg frente a los tamizados cuya media es de 22,9 mg/Kg.
20. El origen de la concentración de plomo en el gofio se debe fundamentalmente a contaminaciones en el interior de las industrias. Existen 29 muestras de gofio que se exceden de los niveles máximos establecidos y corresponden a 4 industrias productoras. Desde el punto de vista toxicológico, existe motivo de preocupación por el consumo de gofio producido por una de las industrias que corresponde a la concentración mayor encontrada de 6,15 mg de Pb/Kg.
21. Existen diferencias significativas en los niveles de cadmio en función del cereal utilizado para su elaboración, siendo el trigo el que más aporta cadmio al gofio. El gofio de trigo posee una concentración media de $115 \pm 62,9$ µg/Kg y el de millo $13,9 \pm 16,2$ µg/Kg.

7. BIBLIOGRAFÍA.

1. ABREU GALINDO, J. (1977 [1632]). Historia de la conquista de las siete islas de Canaria. Introducción y notas de Alejandro Cioranescu. Goya Ediciones. Santa Cruz de Tenerife.
2. ACOSTA SOSA C, CEJUDO BETANCORT M, MIRANDA VALERÓN J. (1988). Materiales procedentes de Fuerteventura depositados en el Museo Canario. Aproximación a su estudio, relaciones y paralelismos". Tebeto I: 203-221.
3. AENOR. (2002). Norma UNE-EN-13804. Productos alimenticios. Determinación de elementos traza. Criterios de aptitud al uso, consideraciones generales y preparación de muestras. Madrid, diciembre 2002.
4. ALDAY E, BARTUAL J, BERENQUER M.J, DELGADO P, HUICI A, MÁRQUEZ F, MARTÍ A, PORCEL J, URBIETA M.J. (1988). Toxicología laboral básica. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Madrid.
5. ALEMÁN G. (1989). Molinos de Gofio. Aula de Cultura de Tenerife. Cuadernos de Etnografía. Ed. Cabildo Insular de Tenerife. Santa Cruz de Tenerife.
6. ALEMÁN, G. (2001). Cuando vienes del campo. Ed. Idea. Santa Cruz de Tenerife. 28-29.
7. AL-SALEH I, SHINWARI N. (2001). Report on the levels of cadmium, lead, and mercury in imported rice grain samples. Biol Trace Elem Res. 2001 Oct; 83 (1): 91-6.
8. ALTER. (1988-1989). Tablas de composición de alimentos. Alter división dietética. Madrid.
9. ALZOLA J.M. (1984). El millo en Gran Canaria. Museo Canario. Las Palmas de Gran Canaria.
10. AMERINE M.A, PANGBORN R.M. Y ROESSLER E.B. (1965). Principles of sensory evaluation of food. Academic Press, New York. 333.
11. ARILLA E. (1999). Vitaminas hidrosolubles. En: Tratado de nutrición. Ediciones Díaz de Santos, S.A. Madrid. pp153-176.
12. AROCHA J, DÍAZ-FLORES J.F, DEL ARCO A, HERNÁNDEZ A. (2008). Análisis microbiológico de gofios de Tenerife. Higia 51, 21-24.
13. AUERMANN E, DASSLER H.G, JACOBI J, CUMBROWSKI J, MECKEL U. (1980). Heavy Metal content of cereals and potatoes. Nahrung. 24 (10): 925-37.
14. AUROLA M, HIETAMIEMI V, KONTTURI M, TUURI H, PIHLAVA J.M, SAASTAMOINEN M, RANTANEN O, KANGAS A, NISKANEN M. (2003). Camium contents of oats (*Avena Sativa* L.) in oficial variety, organic cultivation, and nitrogen fertilization trials during 1997-1999. J. Agric Food Chem. Apr. 23; 51(9): 2608-14.
15. BARCELÓ J, RUANO A, POSCHENRIEDER CH. (1990). Toxicidad por zinc. Circ Farm 306:159-182.
16. BERAUD M, DERACHE R. (1990). Alimentos y cáncer. En: Derache R (coord). Toxicología y Seguridad de los Alimentos. Ed. Omega S.A., Barcelona. pp 429-460.
17. BERMAN E. (1980). Toxic Metals and their Analysis. Heyden & Son Ltd. London.
18. BERMEJO-BARRERA P, MOREDA-PIÑEIRO A, MOREDA-PIÑEIRO J., KAUPPILA T, BERMEJO BARRERA A. (2000). Slurry sampling for electrothermal AAS determination of cadmium in seafood products. Atom Spectrosc 21 (1):5-9.

19. BERTHELOT, S. (1978 [1842]). Etnografía y anales de la conquista de las Islas Canarias. Goya ediciones. Santa Cruz de Tenerife. 91.
20. BETHENCOURT ALFONSO, J. (1994). Historia del Pueblo Guanche. Tomo II. Etnografía y Organización socio-política. Edición anotada por Manuel A. Fariña González. Ed. Francisco Lemus. La Laguna. 426-435.
21. BIBLIOTECA DE TEXTOS LEGALES. (1988). Código Alimentario Español y disposiciones complementarias. Ed. Tecnos. Madrid.
22. BOE. (1965). Orden de 6 de abril de 1965, por la que se prohíbe el empleo de la galena en el barnizado, vidriado y esmaltado de las vasijas de cerámicas utilizadas para la manipulación de productos alimenticios. BOE (17 abril de 1965).
23. BOE. (1982). Real Decreto 1124/1982, de 30 de abril, por la que se aprueba la Reglamentación Técnico-sanitaria para la elaboración, fabricación, circulación y comercio de galletas. BOE (4 de junio de 1982) 133.
24. BOE. (1983). Real Decreto 2814/1983 de 13 de octubre, por el que se prohíbe la utilización de materiales poliméricos recuperados o regenerados en la fabricación y transformación de envases y objetos que vayan a estar en contacto con productos alimenticios o alimentarios. BOE (11 de noviembre de 1983) 270.
25. BOE. (1984). Real Decreto 1286/1984, de 23 de mayo, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de las harinas y sémolas de trigo y otros productos de su molienda para consumo humano. BOE (viernes 6 de julio de 1984) 161.
26. BOE. (1984). Corrección de errores de Real Decreto 1286/1984, de 23 de mayo, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de las harinas y sémolas de trigo y otros productos de su molienda para consumo humano. BOE (miércoles 8 de agosto de 1984) 189.
27. BOE. (1987). Real Decreto 1261/1987, de 11 de septiembre, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-sanitaria para la elaboración, almacenamiento, transporte y comercialización del azúcar destinado al consumo humano. BOE (14 de octubre de 1987) 246.
28. BOE. (1988). Real Decreto 168/1988 de 26 de febrero, por el que se establecen determinadas condiciones técnicas del vidrio-cristal. BOE (martes 1 de marzo de 1988), 52.
29. BOE. (1988). Orden de 11 de mayo de 1988, del Ministerio de Obras Públicas y urbanismo, por el que se establecen las características básicas de calidad que deben mantenerse en las corrientes superficiales destinadas a la producción de agua potable. BOE (24 de mayo de 1988), 124.
30. BOE. (1988). Ley 34/1988 General de Publicidad, de 11 de noviembre de 1988. BOE (15 de noviembre de 1988), 274, 32464.
31. BOE. (1988). Real Decreto 723/1988, de 24 de junio, por el que se aprueba la Norma General para el control del contenido efectivo de los productos alimenticios envasados. BOE (viernes 8 de julio de 1988) 163.
32. BOE. (1989). Real Decreto 1472/1989 de 1 de diciembre. Regula las gamas y cantidades nominales y capacidades nominales para varios. BOE (miércoles 12 diciembre de 1989) 297.
33. BOE. (1990). Real Decreto 397/1990, de 16 de marzo, por el que se aprueban las condiciones generales de los materiales, para uso alimentario, distintos de los poliméricos. BOE (martes 27 de marzo de 1990) 74, 3562-3564.

34. BOE. (1991). Real Decreto 1808/1991, de 13 de diciembre, por el que regula las menciones o marcas que permiten identificar el lote al que pertenece un producto alimenticio. BOE (miércoles 25 de diciembre de 1991) 308.
35. BOE. (1992). Real Decreto 15/1992, de 17 de enero, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-sanitaria para la elaboración, circulación y venta de bebidas refrescantes. BOE (17 de enero de 1992) 23.
36. BOE. (1992). Real Decreto 930/1992, de 17 de julio, por el que se aprueba la norma de etiquetado sobre propiedades nutritivas de los productos alimenticios. BOE (miércoles 5 de agosto de 1992) 187, 27381-27383.
37. BOE. (1994). Real Decreto 1413/1994 de 25 de junio, por el que se aprueban las normas técnico-sanitarias sobre los materiales y objetos de película de celulosa regenerada para uso alimentario. BOE (10 de agosto de 1994) 194.
38. BOE. (1995). Real Decreto 2207/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas de higiene relativas a los productos alimenticios. BOE (martes 27 de febrero de 1996) 50, 7381-7387.
39. BOE. (1999). Real Decreto 1334/1999, de 31 de julio, por el que se aprueba la Norma General de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios. BOE (martes 24 de agosto de 1999) 202, 31410-31418.
40. BOE. (2000). Real Decreto 202/2000, de 11 de febrero, por el que se establecen las normas relativas a los manipuladores de alimentos. BOE (viernes 25 de febrero de 2000) 40, 8294-8297.
41. BOE. (2000). Real Decreto 238/2000, de 18 de febrero por el que se modifica la norma general de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios, aprobada por el Real Decreto 1334/1999, de 31 de julio. BOE (sábado 19 de febrero 2000) 43, 7577-7578.
42. BOE (2002). Real Decreto 1073/2002, de 18 de octubre, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno, partículas de plomo, benceno y monóxido de carbono. BOE (miércoles 30 de octubre de 2002), 260, 38020-38033.
43. BOE. (2002). Real Decreto 1074/2002, de 18 de octubre, por el que se regula el proceso de elaboración, circulación y comercio de aguas de bebida envasadas. BOE (martes 29 de octubre de 2002) 259, 37934-37948.
44. BOE. (2002). Real Decreto 1324/2002, de 13 de diciembre, por el que se modifica la Norma General de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios aprobada por Real Decreto 1334/1999, de 31 de julio. BOE (sábado 21 de diciembre de 2002) 305, 45001-45002.
45. BOE. (2003). Real Decreto 118/2003, de 31 de enero, por el que se aprueba la lista de sustancias permitidas para la fabricación de materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con los alimentos y se regulan determinadas condiciones de ensayo. BOE (viernes 25 de abril de 2003) 36, 5310-5342.
46. BOE. (2003). Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. BOE (viernes 21 de febrero de 2003) 45, 7228-7245.
47. BOE (2003). Real Decreto 256/2003, de 28 de febrero, por el que se fijan los métodos de toma de muestras y de análisis para el control oficial de Plomo, Cadmio, Mercurio y 3-monocloropropano-1,2 diol en los productos alimenticios. BOE (sábado 1 de marzo de 2003) 52, 8258-8261.

48. BOE. (2003). Real Decreto 906/2003, de 11 de julio relativo al etiquetado de los productos alimenticios que contienen quinina o cafeína. BOE (sábado 12 de julio 2003) 166, 27360-27361.
49. BOE. (2003). Real Decreto 946/2003, de 18 de julio por el que se establecen requisitos específicos de etiquetado para el espárrago blanco en conserva. BOE (miércoles 30 de julio de 2003) 181, 29554-29555.
50. BOE. (2003). Real Decreto 1744/2003, de 19 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 1074/2002, de 18 de octubre, por el que se regula el proceso de elaboración, circulación y comercio de aguas de bebida envasadas. BOE (martes 30 de diciembre de 2003) 312, 46524-46529.
51. BOE. (2004). Real Decreto 430/2004, de 12 de marzo, por el que se establecen nuevas normas sobre limitación de emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de grandes instalaciones de combustión, y se fijan ciertas condiciones para el control de las emisiones a la atmósfera de las refinerías de petróleo. BOE (sábado 20 de marzo de 2004) 69, 12292-12303.
52. BOE. (2004). Real Decreto 2180/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica la norma de etiquetado sobre propiedades nutritivas de los productos alimenticios, aprobada por el Real Decreto 930/1992 de 17 de julio. BOE (sábado 13 de noviembre de 2004) 274, 37494-37495.
53. BOE. (2004). Real Decreto 2220/2004, de 26 de noviembre, por el que se modifica la norma general de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios, aprobada por el Real Decreto 1334/1999 de 31 de julio. BOE (sábado 27 de noviembre de 2004) 286, 39355-39357.
54. BOE. (2005). Real Decreto 892/2005, de 22 de julio, por el que se modifica la norma general de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios, aprobada por el Real Decreto 1334/1999, de 31 de julio, en lo que respecta al etiquetado de determinados productos alimenticios que contienen ácido glicirrícico y su sal amónica. BOE (sábado 23 de julio de 2005) 175, 26359-26361.
55. BOE. (2005). Real Decreto 1164/2005, de 30 de septiembre, por el que se suspende temporalmente la aplicación de una parte del anexo V de la norma general de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios, aprobada por el Real Decreto 1334/1999, de 31 de julio. BOE (sábado 1 de octubre de 2005) 235, 32430-32431.
56. BOE (2005). Orden SCO/3427/2005, de 25 de octubre, por la que se modifican los anexos del Real Decreto 256/2003, de 28 de febrero, por el que se fijan los métodos de toma de muestras y de análisis para el control oficial de Plomo, Cadmio, Mercurio y 3-monocloropropano-1,2 diol en los productos alimenticios. BOE (viernes 4 de noviembre de 2005) 264, 36159-36160.
57. BOE. (2006). Real Decreto 1614/2005, de 30 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 1852/1993, de 22 de octubre, sobre producción agrícola ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimenticios. BOE (martes 3 de enero de 2006) 2, 349-349.
58. BOE. (2006). Real Decreto 640/2006, de 26 de mayo, por el que se regulan determinadas condiciones de aplicación de las disposiciones comunitarias en materia de higiene, de la producción y comercialización de los productos alimenticios. BOE (sábado 27 de mayo de 2006) 126, 19999-20002.
59. BOE. (2006). Real Decreto 891/2006, de 21 de julio, por el que se aprueban las normas técnico-sanitarias aplicables a los objetos de cerámica para uso alimentario. BOE (sábado 22 de julio de 2006) 174, 27615-27617.

60. BOE. (2008). Real Decreto 1801/2008, de 3 de noviembre, por el que se establecen normas relativas a las cantidades nominales para productos envasados y al control de su contenido efectivo. BOE (martes 4 de noviembre de 2008) 266, 43706-43712.
61. BONMATÍ, IG. (1991). La alimentación y los alimentos. AIABECA (Asociación de Industrias de Alimentación y Bebidas de Cataluña. Barcelona.
62. BREDIE WLP, MOTTRAM DS, GUY RCE. (1998.a). Aroma volatiles generated during extrusion cooking of maize flour. *J Agr Food Chem.* 46, 1479-1487.
63. BREDIE WLP, MOTTRAM DS, GUY RCE. (1998.b). Sensory characterisation of the aromas generated in extruded maize and wheat flour. *J Cereal Sci.* 28, 97-106.
64. BRITO G, DÍAZ G, GALINDO L.R, HARDISSON A, SANTIAGO LAGUNA D, GARCÍA-MONTELONGO F. (1990). Concentration Levels of Cd, Pb, Cu, Zn, Fe, Ni and Mn in canned meat products. Intermetallic correlations. *Bull Environ Contam Toxicol*, 44, 309-316.
65. BRANDT M.A., SKINNER E.Z. Y COLEMAN J.A. 1963. Texture profile method. *J. Food Sci.* 28(3), 404-409.
66. CABALLERO J.M, GUTIÉRREZ V.L., HARDISSON A. (2001). Análisis sensorial descriptivo de un alimento típico de Canarias: el Gofio. I Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Facultad de Farmacia. Granada.
67. CABALLERO MESA J.M, RODRÍGUEZ PÉREZ M.A, GUTIÉRREZ AFONSO V, HARDISSON DE LA TORRE A. (2002a). Tecnología del procesado en la elaboración del Gofio Canario. *Alimentaria Extr.* 335, 127-132.
68. CABALLERO J.M, ALONSO S, RODRÍGUEZ-PÉREZ M.A, RUBIO C, HARDISSON A. (2002b). Contribución de la ingesta de gofio a las IDR en la población anciana de Canarias. V Congreso de la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria. III Congreso Iberoamericano de Nutrición y Salud Pública. Madrid 26-29 de septiembre de 2002.
69. CABALLERO J.M, ALONSO S, GONZÁLEZ-WELLER D, GUTIÉRREZ V.L, RUBIO C, HARDISSON A. (2003a). Implantación y evaluación del APPCC en industrias tinerfeñas productoras de gofio. IX Congreso de la Sociedad Española de Nutrición. Tenerife 26-29 de noviembre de 2003.
70. CABALLERO J.M, GUTIÉRREZ V.L, RUBIO C, HARDISSON A. (2003b). Sensory descriptive analysis of wheat, corn and various cereal "gofios" from the Canary Islands. *J Food Sci*, Vol. 68, Nr. 3, 2003, 1063-1066.
71. CABALLERO J.M, ALONSO S, GONZÁLEZ-WELLER D, GUTIÉRREZ V.L, RUBIO C, HARDISSON A. (2006a). Implantación y evaluación del análisis de peligros y puntos de control críticos (APPCC) en las industrias tinerfeñas productoras de gofio. *Nutr. Hosp.* 21(2): 189-98.
72. CABALLERO J.M, GARCÍA A, GUTIÉRREZ V.L, HERNÁNDEZ J.P, HARDISSON A, BONALES V. (2006b). Tecnología aplicada a las empresas productoras de gofio canario. En: *El Gofio un alimento tradicional canario*. Gobierno de Canarias. Centro de la Cultura Popular Canaria. Santa Cruz de Tenerife. 91-102.
73. CABALLERO J.M, CABALLERO A, RUBIO C, GUTIÉRREZ A.J, HARDISSON A. (2008). Niveles de sodio y adición de sal en los Gofios Canarios. *Alimentación Equipos y Tecnología*; 238, 28-31.
74. CALLEJO GONZÁLEZ M.J. (2002). Industrias de cereales y derivados. 1^a Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
75. CARBAJAL AZCONA A. (2001). Ingestas recomendadas en personas de edad avanzada. *Alimentación, nutrición y salud* (4):100-114.

76. CASTELL R.B. (1966). The scree test for the number of factors. *Multivar Behav Res.* 1, 245-276.
77. CASTELLS S, GALINDO L.R, HARDISSON A. (1995). Composición química del pescado. *Nutrición Clínica.* 3(25): 99-116.
78. CERPA CERVERA O. M. (2000). Estudio de la fabricación del gofio en la isla de Gran Canaria. Aplicación de un sistema para el autocontrol. Tesina de Licenciatura. Facultad de Veterinaria. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Inédita.
79. CERPA O, MILLÁN R, SANJUÁN E, TUDELA L. (2001). Contribución al estudio de las características nutricionales, físico-químicas y organolépticas del Gofio Canario. *Alimentaria* 322: 119-123.
80. CERPA CERVERA O. (2002). Estudio de la elaboración y producción del gofio en Gran Canaria. Instauración de sistemas de autocontrol. Tesis doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
81. CERVERA P, CLAPES J Y RIGOLFAS R. (1999). Alimentación y Dietoterapia. 3^a Ed. McGraw-Hill Interamericana de España, S.A.U.
82. CHAUDRI A.M, ALLAIN C.M, BADAWY S.H, ADAMS M.L, MCGRATH S.P, CHAMBERS B.J. (2001). Cadmium content of wheat grain from a long-term field experiment with sewage sludge. *J. Environ Qual.* Sep-Oct;30 (5): 1575-80.
83. CODECEO R. Y MUÑOZ R.A (1999). Vitaminas liposolubles: vitamina A, E y K. En: Tratado de nutrición. Ed. Díaz de Santos, S.A. Madrid. pp177-202.
84. CONOR REILLY B. (1980). Metal Contamination of foods. London: Appl Sci Publis Ltd.:354.
85. CONTI ME, CUBADDA F, GARCEA M. (2000). Trace metals in sofá and durum wheat from Italy. *Food Addit Contam.* Jan; 17 (1): 45-53.
86. CORRALES ZUMBADO C, CORBELLA DÍAZ D, ÁLVAREZ MARTÍNEZ, M^a A. (1996). Tesoro lexicográfico del español de Canarias. Ed. Viseconsejería de Cultura y Deportes. Gobierno de Canarias. 2^a Ed. Canarias. 1404-1409.
87. CIRUGEDA DELGADO C, CIRUGEDA DELGADO M^a E, SANTOS DÍAZ M.D. (1992). Contenido de cadmio en derivados de cereales (galletas, pan, panes especiales, bollería y copos de cereales). *Alimentaria*, marzo: 230, 57-58.
88. DALLMAN P.R. (1991), Hierro. En Brown ML, Filer LJ, Guthrie HA y col (eds) *Conocimientos actuales sobre nutrición*: Washinton:OPS:227-289.
89. DAMASIO M.H. Y COSTELL E. 1991. Análisis sensorial descriptivo: Generación de descriptores y selección de catadores. *Rev Agroquím Tecnol Aliment.* 31(2), 165-178.
90. DEL ARCO AGUILAR, M.C. (1993). Recursos vegetales en la prehistoria de Canarias. Santa Cruz de Tenerife. Museo Arqueológico de Tenerife.
91. DÍAZ RODRÍGUEZ, J. (2004). Molinos de agua en Gran Canaria (heredamientos). Caja Insular de Ahorros de Canarias, 3 ed. Las Palmas de Gran Canaria.
92. DOCE. (1991). Reglamento (CE) 2092/1991 del Consejo, de 24 de junio de 1991, sobre la producción agrícola ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimenticios. DOCE (22 de julio de 1991) L/198,.
93. DOCE. (1993). Directiva 93/43/CEE del Consejo, de 14 de junio de 1993, relativa la higiene de los productos alimenticios. DOCE (19 de julio de 1993) L/175.
94. DOCE. (1998). Reglamento (CE) n^o 1139/1998 del Consejo, de 26 de mayo de 1998, relativo a la indicación obligatoria, en el etiquetado de determinados productos alimenticios fabricados a partir de organismos modificados genéticamente, de

- información distinta de la prevista en la Directiva 79/112/CEE. DOCE (3 de junio de 1998) L/159,.
95. DOCE. (2000). Reglamento (CE) n° 50/2000 de la Comisión, de 10 de enero de 2000 relativo al etiquetado de los productos alimenticios e ingredientes alimentarios que contienen aditivos y aromas modificados genéticamente o producidos a partir de organismos modificados genéticamente. DOCE (11 de enero de 2000) L/6, 15-17.
 96. DOCE. (2001). Reglamento (CE) N° 466/2001 de la Comisión, de 8 de marzo de 2001, por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. DOCE (16 de marzo de 2001) L/77, 1-13.
 97. DOCE. (2002). Reglamento (CE) N° 221/2002 de la Comisión, de 6 de febrero de 2002, por el que se modifica el Reglamento (CE) n° 466/2001 de la Comisión, por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. DOCE (7 de febrero de 2002) L/37, 4- 6.
 98. DOCE. (2002). Decisión de la Comisión de 12 de agosto de 2002 por la que se aplica la Directiva 96/23/CE del Consejo en cuanto al funcionamiento de los métodos analíticos y la interpretación de los resultados. DOCE (17 de agosto de 2002) L/221, 8-36.
 99. DOCE. (2002). Reglamento (CE) N° 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo de 28 enero por el que se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, se crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y se fijan procedimientos relativos a la seguridad alimentaria. DOCE (1 de febrero de 2002) L/31/, 1-24.
 100. DOCE. (2004). Reglamento (CE) N° 852/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril relativo a la higiene de los productos alimenticios. DOCE (30 de abril de 2004) L/139/1.
 101. DOCE. (2006). Reglamento (CE) N° 1881/2006, de la comisión, de 19 de diciembre de 2006, por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios, fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. DOCE (20 de diciembre de 2006) L365/5.
 102. DOCE. (2008). Directiva 2008/100/CE de la Comisión de 28 de octubre de 2008, por la que se modifica la Directiva 90/496/CEE del Consejo, relativa al etiquetado sobre propiedades nutritivas de los productos alimenticios, en lo que respecta a las cantidades diarias recomendadas, los factores de conversión de la energía y las definiciones. DOCE (29 de octubre de 2008) L 285/9-12.
 103. ELMADFA I. (2001). La Gran Guía de Composición de los Alimentos. Integral. Barcelona
 104. ELINDER CG, KJELLSTRÖM T, LIND B, LINNMAN L, PISCATOR M, SUNDSTEDT K. (1983). Cadmium exposure from smoking cigarettes: variations with time and country where purchased. *Environ Res* 32: 220-227.
 105. ELIZALDE BE, DALLA ROSA M, LEICI CR. (1991). Effect of Maillard reaction volatile products on lipid oxidation. *J. Am Oil Chem Soc.* 68, 758-762
 106. ENCA (2000). Encuesta de nutrición en Canarias 1997 – 1998. Ed. Servicio Canario de la Salud. Consejería de Sanidad y Consumo. Gobierno de Canarias.
 107. ENNIS D.M. 1998. Foundations of sensory science and a vision for the future. *Food Technol* 52(7), 78-89.
 108. ENTRALA A., GIL A. (2000). Introducción al estudio de las vitaminas. En: Las vitaminas en la alimentación de los españoles. Estudio eVe. Ed. Médica Panamericana, S.A. Madrid. pp 1-49.

109. FARRAN A, ZAMORA R, CERVERA P. (2004) Tablas de composición de alimentos del CESNID. McGraw-Hill. 2^a Ed. Barcelona.
110. FEBLES C.I, ARIAS A, HARDISSON A, RODRÍGUEZ-ÁLVAREZ C, SIERRA A. (2000). Phytic acid level in edible grain derivatives in the Canary Islands (gofio and frangollo). *Eur Food Res Technol* 210: 346-348.
111. FEBLES C.I, ARIAS A, HARDISSON A, RODRÍGUEZ-ÁLVAREZ C, SIERRA A. (2001). Phytic acid level in infant flours. *Food Chem.* 74: 437-441.
112. FORBES A, JAWHARI A. (1996). Manganese toxicity and parenteral nutrition. *Lancet* 347, pp 1774.
113. FRIBERG L, PISCATOR M. (1974). Cadmium in the environment. 2nd Ed., CRC Press, Cleveland Ohio.
114. GARCIA GABARRA, A. (2006). Ingesta de nutrientes: Conceptos y Recomendaciones Internacionales (2^a parte). *Nutr Hosp*; 21 (4): 437-47.
115. GARCÍA LUIS JC. (2005). Del grano al gofio. Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife. Cabildo Insular de Tenerife.
116. GARCÍA QUESADA A. (1998). El gofio, alimento de los canarios. *Actas del Congreso Internacional, 1998. Museo Nacional de Antropología. España. Vol. I. 627-643.*
117. GARNETT T.P, GRAHAM R.D. (2005). Distribution and remobilization of iron and copper in wheat. *Ann. Bot (Lond) Apr*; 95 (5):817-26
118. GEHARDSSON L, ENGLYST V, LUNDSTRÖM NG. (1995). Lead in tissues of diseased lead smelter workers. *J Trace Elem Med Bio* 9: 136-143.
119. GONZÁLEZ M, BANDERAS J.A, RAYA C. (1997). Cuantificación de plomo, cadmio y cromo mediante sialoquímica. *Salud Pública Mex* 39:179-186.
120. GONZÁLEZ-SOTO E, GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ V, LÓPEZ-SUÁREZ C, CASTRO-ROMERO JM, PÉREZ-IGLESIAS J, FERNÁNDEZ-SOLIS JM. (2000). Migration of lead and cadmium from ceramic materials used in food preparation. *Bull Environ Contam Toxicol* 65:598-603.
121. GUTENMANN WH, BACHE CA, LISK DJ. (1982). Cadmium and nickel in smoke of cigarettes prepared from tobacco cultured on municipal sludge-amended soil. *J. Toxicol Environ Health* 10: 423-431.
122. GUTIÉRREZ V.L, CABALLERO J.M, HARDISSON A. (2006). El perfil sensorial del gofio canario. En: *El Gofio un alimento tradicional canario. Gobierno de Canarias. Centro de la Cultura Popular Canaria. Santa Cruz de Tenerife. pp 121-129.*
123. HERAWATI N, RIVAI I.F, KOYAMA H, SUZUKI S. (1998). Zinc levels in rice and in soil according to the soil types of Japan, Indonesia, and China. *Bull Environ Contam Toxicol.* Mar; 60(3): 402-8.
124. HOSENEY R.C. (1991). Principios de ciencia y tecnología de los cereales. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza.
125. IBAÑEZ F. Y BARCINA Y. (2001). Análisis sensorial de alimentos. Métodos y aplicaciones. Springer-Verlag Ibérica. Barcelona.
126. ISSANCHOU S. Y LESSCHAEVE I. 1993. La formation d'un jury d'analyse sensorielle. *Ann Fals Exp Chim* 86, 920, 241-252.
127. JEDRZEJCZAD R, SZTEKE B. (1991). Cadmium and lead levels in milk, milk-cereal and cereal formulas for infants and children up to 3 years of age. *Rocz Panstw Zakl Hig*; 42 (2):131-8.

128. JIMÉNEZ CRUZ A, CERVERA RAL P, BACARDÍ GASCÓN M. (1997). Tabla de composición de alimentos. Ed. Sandoz Nutrición S.A.. Barcenona.
129. JIMÉNEZ SÁNCHEZ, S. (1946). Excavaciones arqueológicas en Gran Canaria de los planes nacionales de 1942, 1943 y 1944. Informes y Memorias de la Comisaría General de Excavaciones Arqueológicas 11.
130. JIMÉNEZ SÁNCHEZ, S. (1952). "El trigo, uno de los alimentos de los grancanarios prehistóricos". Revista de Historia XVIII (98-99): 205-213.
131. JOHANSEN P, PARS T, BJERREGAARD P. (2000). Lead, cadmium, mercury and selenium intake by Greenlanders from local marine food. *Sci Total Environ.* 24 (1-3), 187-194.
132. JORHEM L. (2000). Determination of metals in foods by Atomic absorption Spectrometry after Dry Ashing: NMKL Collaborative Study. *J AOAC Int* 83(5):1204-1211.
133. JORHEM L, SUNDSTROM B, ENGMAN J. (2001). Cadmium and other metals in Swedish wheat and rye flours: longitudinal study, 1983-1997. *J AOAC Int.* Nov-Dec; 84 (6): 1984-92.
134. KAISER H.F. (1960). The application of electronic computers to factor analysis. *Educ. Psychol. Measurement* 20, 141-151.
135. KEEN C.L, ZIDENBERG-CHERR S. (1991). Manganese. En: Brown M.L, Filer L.J, Guthrie H.A y col (Ed). *Conocimientos actuales sobre nutrición.* Washington OPS: pp 322-330.
136. KENT. N. L. (1987). *Tecnología de los cereales.* Acribia. Zaragoza.
137. KÖSTER E.P. 1995. Utilisation des données sensorielles dans le marketing des aliments. *CR Acad Agric Fr.*, 81(5), 25-31.
138. KOT A, ZAREBA S. (2005). Cereal products as a source of iron and manganese. *Roez Panstw. Zaki Hig;* 56 (1):91-6.
139. LINDER M.C. (ED). (1988). *Nutrición. Aspectos bioquímicos, metabólicos y clínicos.* Pamplona: EUNSa:505.
140. LIOU S, WU T, CHIANG H. (1996). Blood lead levels in taiwanese adults and influencing factors. *Sci Total Environ* 180:211-219.
141. LI Z, ZHANG Y, PAN G, LI J, HUANG X, WANG J. (2003). Grain contents of Cd, Cu and Se by 57 rice cultivars and the risk significance for human dietary uptake. *Huan Jing Ke Xue.* May; 24 (3):112-5.
142. LORENZ H, OCKER H.D, BRUGGEMANN J, WEIGERT P, SONNEBORN M. (1986). Cadmium contents in cereal simples in the past-a comparison with the present. *Z Lebensm Unters Forsch.* Dec; 183 (6): 402-5.
143. LORENZO PERERA, M.J. (1988). *La tradición oral en Canarias.* Santa Cruz de Tenerife. Cabildo Insular de Tenerife. Centro de la Cultura popular Canaria. 1^a Ed. 19-34.
144. LOZANO G, HARDISSON A, GUTIÉRREZ A.J, LAFUENTE M.A. (2003). Lead and cadmium levels in coastal benthic algae (seaweeds) of Tenerife, Canary Islands. *Environ. Int.* 28:627-631.
145. MAHAN K, ESCOTT-STUMP S. (1996). *Nutrición y Dietoterapia de, Krause.* 9^a Ed, McGraw-Hill Interamericana. México.

146. MANSON R. (1993). Cadmium Toxicology. En: *Encyclopaedia of Food Science, food Technology and Nutrition*. Macrae R, Robinson R.K, Sadles M.J (eds). Academic Press Ltd, London, 561-566.
147. MARÍN DE CUBAS T. (1986, [1694]). *Historia de las siete islas de Canaria. Libros I y II*. Edición de Ángel de Juan Casañas y María Régulo Rodríguez. Premio de Juan Régulo Pérez y notas arqueológicas de Julio Cuenca Sanabria. Las Palmas de Gran Canaria. Real Sociedad Económica de Amigos del País de Las Palmas de Gran Canaria.
148. MASIRONI R, KOIRTYOHANN S.R, PIERCE J.O. (1977). Zinc, copper, cadmium and chromium in polished and unpolished rice. *Sci Total Environ*. Jan; 7(1):27-43.
149. MATAIX VERDÚ J, GARCÍA DIZ L, MAÑAS ALMENDROS M, MARTÍNEZ DE VITORIA E, LLOPIS GONZÁLEZ J. (2003). En Mataix Verdú J Ed. *Tabla de composición de alimentos. 4ª Edición Corregida y aumentada*. Editorial Universidad de Granada. Granada: 67-86.
150. MATAIX VERDÚ J, MARINÉ FONT. (2002). Cereales y derivados y otros alimentos hidrocbonatos. En: *Nutrición y alimentación humana*. Ed. José Mataix Verdú. Ergon. Madrid. pp 273-290.
151. MATHIESEN, J. (1960). Resultados del análisis del contenido intestinal de una momia guanche. En Diego Cuscoy, Luís y col. *Trabajos en torno a la cueva sepulcral de Roque Blanco*. Santa Cruz de Tenerife. Publicaciones del Museo Arqueológico, 2. pp 43-44.
152. MEILGAARD M, CIVILLE G.V, CARR B.T. (1987). *Sensory Evaluation Techniques*. CRC Press. 489 pp. Florida.
153. MENG F, WEI Y, YANG X. (2005). Iron content and bioavailability in rice. *J Trace Elem Med Biol.*; 18 (4): 333-8.
154. MICCO C, ONORI R, MIRAGLIA M, GAMBELLI L, BRERA C. (1987). Evaluation of lead, cadmium, chromium, copper and zinc by atomic absorption spectroscopy in durum wheat milling products in relation to the percentage of extraction. *Food Addit Contam*. Oct-Dec; 4(4):429-35.
155. MORA MORALES, M. (1991). *El libro del gofio*. Ed. Globo. 2ª Ed. La Laguna. Tenerife.
156. MOREIRAS O, CARBAJAL A, CABRERA L, CUADRADO C. (2004). *Tablas de composición de alimentos*. Ed. Pirámide. 8ª Ed. Madrid: 38-39.
157. MONTORO R, CERVERA M.L, CATALÁ R. (1989). *Metales potencialmente tóxicos en los alimentos*. Instituto de Agroquímica y Tecnología de alimentos. Caja de Ahorros de Valencia. Departamento de Investigación y Desarrollo Agro-Industrial.
158. NAKASHIMA K, KOBAYASHI E, NOGAWA K, KIDO T, HONDA R. (1997). Concentration of cadmium in rice an urinary indicators of renal dysfunction. *Occup Environ Med*. Oct; 54(10): 750-5.
159. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (2004), Food and Nutrion Board. Institute of Medicine, National Academy Press. Washington, D.C.
160. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1991). *Raciones Dietéticas Recomendadas*. Subcommittee on the Tenth Edition of RDAs. 1ª Ed. Española de la 10ª Ed. Original de Recommended dietary allowances (1991). Consulta Ed., S.A. Barcelona.
161. NAVARRO MEDEROS, J.F. (1981). *Prehistoria de la isla de La Gomera*. Colección "La Guagua", 32. Mancomunidad de Cabildos de Las Palmas de Gran Canaria. Plan Cultural. Las Palmas de Gran Canaria. 23-25.

162. NOEL L, LEBLANC J.C, GUERIN T. (2003). Determination of several elements in duplicate meals from catering establishments using closed vessel microwave digestion with inductively coupled plasma mass spectrometry detection: estimation of daily dietary intake. *Food Addit Contam.* 20 (1), 44-56.
163. O'DELL BL. (1981). Roles of iron and copper in connective tissue biosynthesis. *Phil Trans R Soc Lond B294*:91-104.
164. ORTEGA ANTA R.M, LÓPEZ SOBALER A.M, RREQUEJO MARCOS A.M, CARVAJALES P.A. (2004). La composición de los alimentos. Herramienta básica para la valoración nutricional. Editorial Complutense S.A. 1^a Ed. Madrid: 16-18
165. PABLO BUSTO MB, MORAGAS ENCUESTRA M. (2002). Norma de etiquetado y marcado de salubridad de los productos alimenticios en España y en la CEE. *Alimentaria*, junio, 33-50.
166. PARDO MERINO A, RUÍZ DÍAZ M.A. (2005). Análisis de datos con SPSS 13 Basa. Ed. McGraw-Hill / Interamericana de España S.A.U. 1^a Ed. Madrid.
167. PEDERSEN G.A, MORTENSEN G.K, LARSEN E.H. (1994). Beverages as a source of toxic trace element intake. *Food Addit. Contam.* 3: 351-363.
168. PEREZ-LLAMAS F, GARAULET M, GIL A, ZAMORA S. (2005). Calcio, fósforo magnesio y flúor. Metabolismo óseo y su regulación. En: *Tratado de Nutrición*. Ed. Angel Gil Hernández. Madrid. 901-924.
169. PIP E. (1993). Cadmium, copper and lead in wild rice from central Canada. *Arch Environ Contam Toxicol.* Feb; 24(2): 179-81.
170. POKORNY B, REBARIC-LASNIK C. (2000). Lead, cadmium and zinc in tissues of roe deer (*Capreolus capreolus*) near the Lead Smelter in the Koroska Region (Northern Slovenia). *Bull Environ Contam Toxicol* 64: 20-26.
171. POWERS J.J. (1984). Using general statistical programs to evaluate sensory data. *Food Technol* 38(6), 74-84.
172. RBA INTEGRAL. (2001). La gran guía de la composición de los alimentos. Ed. RBA libros, S.A. 18^a Ed. Barcelona: 40-46.
173. RIBAS B. (1989). Toxicología de oligoelementos. En Ministerio de Sanidad y Consumo. Dirección General de Farmacia y Productos Sanitarios. Monografías Técnicas N^o8. VII Jornadas Toxicológicas Españolas. Madrid: 35-53.
174. ROCA DE TOGORES M, FARRE R, FRIGOLA AM. (1999). Cadmium and lead in infant cereals-electrothermal-atomic absorption spectroscopic determination. *Sci Total Environ.* Aug 30; 234 (1-3): 197-201.
175. RODRÍGUEZ-LÓPEZ M.A, NAVARRO M, CABRERA C, LÓPEZ MC. (2001). Elementos tóxicos en alimentos, bebidas y envases. *Alimentaria*. Mayo: 23-31.
176. RODRÍGUEZ-PEREZ M.A, CABALLERO JM, ALONSO S., RUBIO C., AFONSO V, HARDISSON A. (2002). Estudio nutricional del "Gofio Canario". V Congreso de la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria. Madrid.
177. RUBIO C, FRÍAS I, HARDISSON A. (1999). Toxicología del plomo y su presencia en los alimentos. *Alimentaria*, septiembre, 77-85.
178. RUBIO C. (2002). Ingesta dietética de contaminantes metálicos (Hg, Pb, Cd, Fe, Cu, Zn, Mn) en la Comunidad Autónoma de Canarias. Tesis Doctoral. Facultad de Medicina. Universidad de La Laguna.
179. RUBIO C, GUTIÉRREZ A.J, MARTÍN R.E, LOZANO G, HARDISSON A. (2004a). El cadmio como contaminante alimentario. *Alimentaria*, 350, enero-febrero, 41-44.

180. RUBIO C, GUTIÉRREZ A.J, MARTÍN R.E, REVERT C, LOZANO G, HARDISSON A. (2004b). El plomo como contaminante alimentario. *Rev. Toxicol.* 21:72-80.
181. RUBIO C, GONZÁLEZ-WELLER D, ALONSO S, REVERT C, HARDISSON A. (2004c). Aspectos nutricionales del calcio, hierro y fósforo. *Alimentaria*, 353, 31-35.
182. RUBIO C, GONZÁLEZ-WELLER D, ALONSO S, REVERT C, HARDISSON A. (2004d). Zn, Mn, Cu, Se, Cr: Nutrición y suplementación. *Alimentaria*, 353, 31-35.
183. RUBIO C, GONZÁLEZ IGLESIAS T, REVERT C, REGUERA J.I, GUTIÉRREZ A.J, HARDISSON A. (2005). Lead Dietary Intake in a Spanish Population (Canary Island). *J Agric. Food Chem.* 53, 6543-6549.
184. RUBIO C, CABALLERO J.M, CABALLERO A, GONZÁLEZ-WELLER D, GUTIÉRREZ V, HARDISSON A. (2006a). Niveles de cobre y zinc en gofios producidos en el Archipiélago Canario. I World Congress of Public Health Nutrition, VII National Congress of the Spanish Society of Community Nutrition. Barcelona, 28-30 September 2006.
185. RUBIO C, ALONSO S, CABALLERO J.M, HARDISSON A. (2006b). El gofio y su valor nutritivo. En: *El Gofio un alimento tradicional canario*. Gobierno de Canarias. Centro de la Cultura Popular canaria. Santa Cruz de Tenerife. 131-146.
186. RUBIO C, HARDISSON A, REGUERA J.I, REVERT C, LAFUENTE M.A, GONZÁLEZ-IGLESIAS T. (2006c). Cadmium dietary intake in the Canary Islands, Spain. *Environ. Res.* 100, 123-129.
187. RUBIO C, GONZÁLEZ-WELLER D, MARTÍN-IZQUIERDO R.E, REVERT C, RODRÍGUEZ I, HARDISSON A. (2007a). El zinc: oligoelemento esencial. *Nutr. Hosp.* 22 (1), 101-107.
188. RUBIO C, CABALLERO J.M, MARINO M, GUTIÉRREZ V, HARDISSON A. (2007b). Niveles de hierro y magnesio en gofios producidos en el Archipiélago Canario. IV Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Tenerife, del 13 al 15 de junio de 2007.
189. RUBIO C, CABALLERO J.M, CABALLERO A, GUTIÉRREZ V.L, GUTIÉRREZ A.J, HARDISSON A. (2008). Niveles de manganeso en gofios producidos en el Archipiélago Canario, valoración de la ingesta. Congreso CYTALIA XIII: Congreso anual en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Madrid, del 9 al 11 de abril de 2008.
190. SANDSTEAD H. (1995). Requirements and toxicity of essential trace elements, illustrated by zinc and koper. *Am J Clin Nutr* 61:621S-4S.
191. SANTOS DÍAZ M D, CIRUGEDA DELGADO C, CIRUGEDA DELGADO M^a E. (1992). Estudio del contenido de plomo y cadmio en alimentos básicos. IV: arroz. *Alimentaria*, 230, marzo, 59-60.
192. SANTOS DÍAZ M D, CIRUGEDA DELGADO C, CIRUGEDA DELGADO M^a E. (1993). Estudio del contenido de plomo y cadmio en alimentos básicos. V: pastas alimenticias. *Alimentaria*, 241, abril 35-37.
193. SAUVAGEOT F. (1982). Techniques d'analyse sensorielle. *Technique et Documentation*, 363-369.
194. SCHERE G, BARKEMEYER H. (1983) Cadmium concentrations in tobacco and tobacco smoke. *Ecotoxicol Environ* 7:71-78.
195. SHIMBO S, ZHANG ZW, WATANABE T, NAKATSUKA H, MATSUDA-INOGUCHI N, HIGASHIKAWA K, IKEDA M. (2001). Cadmium and lead contents in rice and other cereal products in Japan in 1998-2000. *Sci Total Environ.* 2001 Dec 17; 281 (1-3):165-75.

196. SCRIMSHAW N. (1991). Iron deficiency. *Sci Am* 265(4): 46-52.
197. SEBECIC B, DRAGOJEVIC I.V, HORVATIC M. (2002). Wheat flour confectionery products as a source of inorganic nutrients: iron and manganese contents in hard biscuits. *Nahrung. Jun; 46 (3):200-3.*
198. SENSER F Y SCHERZ H. (1998). Tablas de composición de alimentos. El pequeño "Souci-Fachmann-Kraut". Edición del Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, Garching bei München. Ed. Acibia S.A. Zaragoza: 222-258.
199. SERRA LL, RIBAS L, GARCÍA R, PÉREZ C, ARANCETA J. (2000). Cereales de desayuno y estado nutricional: contribución de los cereales del desayuno a la nutrición de los niños y jóvenes españoles. En: Serra LL y Aranceta J, eds. *Desayuno y equilibrio alimentario. Estudio enKid*. Ed. Masson, S.A., Barcelona.
200. SERRA RÀFOLS, E. (1960). La alimentación de los guanches. En Diego Cuscoy, Luís et al. *Trabajos en torno a la cueva sepulcral de Roque Blanco*. Santa Cruz de Tenerife. Publicaciones del Museo Arqueológico, 2. 49-63.
201. SHIMBO S, ZHANG Z.W, WATANABE T, NAKATSUKA H, MATSUDA-INOGUCHI N, HIGASHIKAWA K, IKEDA M. (2001). Cadmium and lead contents in rice and other cereal products in Japan in 1998-2000. *Sci Total Environ*. Dec 17;281 (1-3):165-75.
202. SIERRA A, HARDISSON A. (1991). La contaminación química de los alimentos. Aditivos alimentarios. En: Piédrola G, Domínguez M, Cortina P y col, eds. *Medicina Preventiva y Salud Pública 9ª Ed*. Salvat, Barcelona, pp 293-303.
203. SORIA M.L, REPETTO G, REPETTO M. (1995). Revisión general de la toxicología de los metales. En: *Toxicología Avanzada*. Díaz de Santos, S.A., Madrid. pp 293-358.
204. SINU. Società italiana di nutrizione umana (1996). Vitamine idrosolubili livelli di assunzione raccomandati d'energia e nutrienti per la popolazione italiana. L.A.R.N. 91-109.
205. SRIKANTH R, RAMANA D, RAO V. (1995). Role of rice and cereal products in dietary cadmium and lead intake among different socio-economic groups in south India. *Food Addit Contam*. Sep-Oct; 12 (5):695-701.
206. SSHA, ISHA. (1990). Evaluation sensorielle. Manuel méthodologique. *Technique & Documentation*, Lavoisier. 328 pp. Paris.
207. STOCKER HS, SEAGER SL. (1981). *Química ambiental: contaminación del aire y del agua*. Blume. Barcelona.
208. STONE H, SIDEL J, OLIVER S, WOOLSEY A, SINGLETON R.C. (1974). Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. *Food Technol* 28(11), 24-34.
209. SUARÉZ M. A, ALVAREZ R, HARDISSON A, SIERRA A. (1990). Valor nutritivo del gofio. *Nutrición clínica*. 4 (10): 31-44.
210. SUZUKI S, DJUANGSHI N, HYODO K, SOERMAWOTO O. (1980). Cadmium, copper and zinc in rice produced in Java. *Arch Environ Contam Toxicol* 9(4): 437-449.
211. SZYMCZAK J, ILOW R, REGULSKA-ILOW B. (1993). Level of cadmium and lead in vegetables, fruit, cereal and soil from areas differing in the degree of industrial pollution and from greenhouses. *Rocz Panstw Zakl Hig*. 44 (4): 331-46.
212. TAHVONEN R, KUMPULAINEN J. (1993). Lead and cadmium in some cereal products on the Finnish market 1990-91. *Food Addit Contam*. Mar-Apr; 10 (2): 245-55.
213. TAHVONEN R, KUMPULAINEN J. (1994). Lead and cadmium contents in Finnish breads. *Food Addit Contam*. Sep-Oct; 11(5): 621-31.

214. TORRE P. (2000). Bases científicas del análisis sensorial. *Alimentaria* nº 309, 155-164.
215. TREBLE R, THOMPSON T (1997). Preliminary results of a survey of lead levels in human liver tissue. *Bull Environ Contam Toxicol.* 59 (5): 688-695.
216. TSUCHIYA K. (1978). Cadmium studies in Japan: A review. Kodanska Ltd., Tokyo: Elsevier/North Holland Biomedical Press, Amsterdam.
217. VAHTER M, BERGLUNG M, MERMELL B, AKESSON A. (1996) Bioavailability of Cadmium from Shellfish and Mixed Diet in women. *Toxicol Appl Pharm* 136: 332-341.
218. VIERA Y CLAVIJO, J. (1982 [1792]). Noticias de la historia general de las Islas Canarias. Introducción y notas de Alejandro Cioranescu. Índice onomástico y de materias por Marcos G. Martínez. 8^a ed.; I vol. Santa Cruz de Tenerife. Goya Ediciones. 134.
219. VILANOVA E. (2006). Evaluación de riesgos. En: *Toxicología alimentaria*. Ed. Díaz de Santos, Madrid. pp 123-140.
220. VILAPLANA M. (2001). Aspectos nutricionales y terapéuticos de la fibra dietética. *Offarm* 20(2): 96-100.
221. VILLA I, NAVARRO I, MARTÍN A. (1999). Elementos traza. En: *Tratado de Nutrición*. Ed. Díaz de Santos, Madrid. pp 229-247.
222. WATANABE T, NAKATSUKA H, IKEDA M. (1989). Cadmium and lead contents in rice available in various areas of Asia. *Sci. Total Environ.* May 15; 80(2-3): 175-84.
223. WATANABE T, SHIMBO S, MOON CS, ZHANG Z.W, IKEDA M. (1996). Cadmium contents in rice samples from various areas in the world. *Sci. Total Environ.* May 31; 184 (3): 191-6.
224. WHO. (1993). Evaluation of certain additives and contaminants. Forty-first report of the joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. *Who Technical Report Series* 837, Geneva, Switzerland WHO.
225. WITTMERS L, AUFDERHEIDE A. (1988). Lead in bone. Distribution of lead in the human skeleton. *Arch. Environ. Health* 43:381-391.
226. ZARZUELO A, GÁLVEZ J. (2005). Fibra dietética. En: *Tratado de Nutrición*. Ed. Angel Gil Hernández. Madrid. 341-368.
227. ZHANG Z.W, MOON C.S, WATANABE T, SHIMBO S, IKEDA M. (1996). Lead content of rice collected from various areas in the world. *Sci. Total Environ.* Nov 18; 191 (1-2): 169-75.
228. ZHANG Z.W, MOON C.S, WATANABE T, SHIMBO S, IKEDA M. (1997). Contents of pollutant and nutrient elements in rice and wheat grown on the neighboring fields. *Biol. Trace Elem. Res.* Apr; 57(1): 39-50.
229. ZHANG Z.W, WATANABE T, SHIMBO S, HIGASHIKAWA K, IKEDA M. (1998). Lead and cadmium contents in cereals and pulses in north-eastern China. *Sci. Total Environ.* Sep 18; 220 (2-3): 137-45.
230. ZOOK K, Y WESSMAN C. (1977). The selection and use of judges for descriptive panels. *Food Technol.* 31(11), 56-61.