

Curso 2012/13
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS/46
I.S.B.N.: 978-84-15939-22-1

GARA LUIS GONZÁLEZ

**Metales esenciales y tóxicos en papas antiguas,
papas importadas y otros tubérculos
comercializados en la isla de Tenerife.
Evaluación toxicológica**

Directores

**ARTURO HARDISSON DE LA TORRE
CARMEN RUBIO ARMENDÁRIZ
ÁNGEL GUTIÉRREZ FERNÁNDEZ**



SOPORTES AUDIOVISUALES E INFORMÁTICOS
Serie Tesis Doctorales

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi agradecimiento a todas aquellas personas que han contribuido de algún modo a la realización de esta Tesis Doctoral.

Deseo hacer constar mi más sincero agradecimiento a D. Arturo Hardisson de la Torre, por las enseñanzas y formación que me ha transmitido, así como los consejos y dedicación que han conducido a la realización de esta Tesis Doctoral, por todo su apoyo.

A la profesora titular Dña. Carmen Rubio Armendáriz, por sus conocimientos, su profesionalidad y por aportar a esta tesis su gran experiencia.

Al profesor titular D. Ángel José Gutiérrez Fernández, por su gran ayuda en el análisis estadístico realizado en este trabajo y por su inestimable colaboración demostrada en todo momento.

A mi compañera y amiga Dña. M^a Nieves Rodríguez Marín, por sus orientaciones y su apoyo constante.

Agradezco a mis compañeros del Área de Toxicología de la Universidad de La Laguna, Dailos González-Weller, Cintia Hernández, Naouel Ben-Charki, Aarón Ravelo, Raquel Tejera, Natividad Rodríguez, por haberme ofrecido su ayuda de forma desinteresada y por lo que he aprendido de cada uno de ellos.

A todo el Servicio de Inspección Sanitaria y Laboratorio del Área de Salud de Tenerife del Servicio Canario de Salud, por su disposición y por haberme facilitado el trabajo en todo momento.

Asimismo, quisiera expresar mi agradecimiento a la Agencia de Extensión Agraria de la Orotava, las cooperativas, los mercadillos y a los agricultores de la isla de Tenerife que han participado desinteresadamente en la selección de muestras que se han analizado en este trabajo.

A mi familia, porque siempre estarán ahí y a mis amigos.

Mi más sincero agradecimiento a todos.

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
2. REVISIÓN Y ANTECEDENTES	4
2.1 La papa	4
2.1.1 Origen y expansión de la papa	4
2.1.2 Introducción de la papa en la isla de Tenerife	6
2.1.3 Producción y consumo de papas a nivel mundial	7
2.1.4 Producción y consumo de papas en la isla de Tenerife	9
2.1.5 Clasificación de las papas cultivadas en la isla de Tenerife	12
2.1.6 Composición química de la papas.	13
2.2 La batata	15
2.2.1 Origen y expansión de la batata	15
2.2.2 Producción y consumo de batatas a nivel mundial	16
2.2.3 Producción y consumo de batatas en la isla de Tenerife	18
2.2.4 Clasificación de las batatas cultivadas en la isla de Tenerife	20
2.2.5 Composición química de la batata.	21
2.3 El ñame	22
2.3.1 Origen y expansión del ñame	22
2.3.2 Producción y consumo de ñames a nivel mundial	22
2.3.3 Producción y consumo de ñames en la isla de Tenerife	24
2.3.4 Composición química del ñame.	26
2.4 Los metales en los tubérculos estudiados	27
2.4.1 Sodio	32
2.4.2 Potasio	34
2.4.3 Calcio	35
2.4.4 Magnesio	37
2.4.5 Cobre	39
2.4.6 Hierro	41

2.4.7	Manganeso	43
2.4.8	Zinc	44
2.4.9	Cromo	46
2.4.10	Níquel	49
2.4.11	Cadmio	50
2.4.12	Plomo	52
3.	MATERIAL Y MÉTODOS	55
3.1	Área de estudio y selección de las estaciones de muestreo	55
3.2	Muestreo	57
3.3	Aparatos y material de laboratorio	60
3.4	Reactivos	61
3.5	Preparación y tratamiento de las muestras	62
3.6	Control de calidad en el análisis de metales	63
3.7	Cuantificación de metales en las muestras de tubérculos	65
3.8	Determinación del contenido humedad y cenizas en los tubérculos	70
3.9	Análisis estadístico	70
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	72
4.1	Papas	72
4.1.1	Determinación del contenido metálico en la masa de las papas	72
4.1.1.1	Según las variedades de papas	72
4.1.1.2	Según las zonas de producción	87
4.1.2	Estudios de correlaciones intermetálicas en las papas	100
4.1.3	Comparación de los resultados de metales en papas con los de otros autores	105
4.2	Batatas	114
4.2.1	Determinación del contenido metálico en la masa de las batatas	114
4.2.1.1	Según las variedades de batatas	114
4.2.1.2	Según las zonas de producción	132
4.2.2	Estudios de correlaciones intermetálicas en las batatas	145

4.2.3	Comparación de los resultados de metales en batatas con los de otros autores	148
4.3	Ñames	153
4.3.1	Determinación del contenido metálico en la masa de los ñames	153
4.3.1.1	Según las zonas de producción	153
4.3.2	Estudios de correlaciones intermetálicas en los ñames	172
4.3.3	Comparación de los resultados de metales en ñames con los de otros autores	176
4.4	Comparación del contenido metálico de los tubérculos analizados	180
4.5	Determinación del contenido de humedad y cenizas en los tubérculos estudiados	182
4.5.1	Según variedades de papas	182
4.5.2	Según variedades de batatas	183
4.5.3	Según zonas de producción	184
4.6	Comparación del contenido de humedad y cenizas con los de otros autores	185
4.6.1	Papas	185
4.6.2	Batatas	186
4.6.3	Ñames	187
4.7	Ingestas dietética de metales por el consumo de papas	188
4.8	Ingestas dietética de metales por el consumo de batatas	213
4.9	Ingestas dietética de metales por el consumo de ñames	225
4.10	Comparación de las ingestas dietéticas de metales de los tubérculos analizados	237
5.	CONCLUSIONES	240
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	243
7.	ANEXOS	270
7.1	Anexo I: Pruebas de homogeneidad y estadísticos de contraste según las variedades de papas	270

7.2 Anexo II: Comparative study of the mineral composition
of several varieties of potatoes (*Solanum tuberosum* L)
from different countries cultivated in Canary Island (Spain) 289

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La capacidad de acumular metales de las diferentes especies vegetales ha derivado en la necesidad de desarrollar líneas de investigación fundamentadas en el estudio de los contaminantes ambientales, permitiendo con ello explicar la posible entrada de metales a los ecosistemas y luego a la cadena alimentaria. Asimismo, el conocimiento del contenido de metales esenciales y metales tóxicos puede proporcionar una información relevante en el impacto que el uso de fitoproductos supone tanto para los cultivos como para los suelos agrícolas.

Durante años, la presencia de metales en los alimentos ha sido estudiada ampliamente. Diversas líneas de investigación han sido desarrolladas, en las cuales se analiza el contenido metálico en el suelo, en los diferentes cultivos e incluso en las distintas partes de un mismo cultivo (Alegría y cols., 1991; Jinadasa y cols., 1997; Angelova y cols., 2004, Luis y cols., 2011; Hernández y cols., 2012; Rubio y cols., 2012).

La contaminación de los alimentos por diferentes xenobióticos repercute de forma notable en la salud del consumidor. La seguridad de los alimentos es una tarea fundamental en las mismas alcanzando importancia en el análisis y la evaluación de los riesgos en la salud de los seres vivos.

En el Área de Toxicología de la Universidad de La Laguna se han desarrollado un conjunto de tesis y publicaciones que gravitan en el contenido metálico en diversos alimentos y en la evaluación toxicológica de su ingesta. Entre las tesis publicadas más recientemente caben destacar las siguientes: “Ingestas dietéticas de contaminantes metálicos (Hg, Pb, Cd, Fe, Cu, Zn y Mn) en la Comunidad Autónoma de Canarias. Evaluación toxicológica” (Rubio, 2002), “Estudio del contenido de metales pesados tóxicos y esenciales en especies de moluscos enlatados” (Gutiérrez, 2004), “Acumulación de metales pesados tóxicos (Pb y Cd) y esenciales (Fe, Cu, Ni, Mn, Mg y Zn) en erizos de lima (*Diadema antillarum*) de las costas de Tenerife” (Hernández, 2006), “Evaluación toxicológica de la ingesta dietética de ciertos metales en la población de la

Comunidad Autónoma de Canarias” (González-Weller, 2009), “Estudio toxicológico, higiénico-sanitario y nutricional del gofio canario” (Caballero, 2009), “Metales pesados: aportaciones al estudio de la toxicología de especies y alimentos marinos en las Islas Canarias” (Lozano, 2010). Entre las publicaciones destacan las siguientes: “Lead dietary intake in a Spanish population” (Rubio y cols., 2005), “Cadmium dietary in the Canary Islands, Spain” (Rubio y cols., 2006), “Daily dietary intake of iron, copper, zinc and manganese in a Spanish population” (Rubio y cols., 2009), “Comparative study of the mineral composition of several varieties of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) from different countries cultivated in Canary Islands (Spain)” (Luis y cols., 2011), “Metals in intensively produced tomatoes (*Lycopersicon esculentum*)” (Luis y cols., 2012), “Evaluation of metal concentrations in mentha herbal teas (*Mentha piperita*, *Mentha pulegium* and *Mentha species*) by inductively coupled plasma spectrometry” (Rubio y cols., 2012).

El discernimiento del contenido metálico en diversos tubérculos cultivados y comercializados en la isla de Tenerife, principalmente las patatas (*Solanum tuberosum* L.) y las batatas (*Ipomoea batatas* L.), puede ser una herramienta muy útil para diferenciar tubérculos producidos en una determinada zona garantizando así sus características y calidad. Asimismo, las diferencias en la acumulación de metales esenciales y tóxicos entre las partes comestibles y no comestibles de los tubérculos permite ampliar los conocimientos actuales.

Por otro lado, las patatas (a partir de ahora “papas”) y las batatas son bulbos esenciales en la dieta de los canarios y por ello la estimación de la ingesta metálica a través de los mismos puede resultar de gran interés. Desde un punto de vista toxicológico, contribuimos con información precisa estableciendo si los consumidores pueden estar expuestos o no a un riesgo.

Este estudio de investigación llevado a cabo en el Área de Toxicología de la Universidad de La Laguna se engloba dentro del Proyecto de investigación de carácter estructurante titulado “Caracterización, valor nutritivo y seguridad de los alimentos producidos en Canarias”, financiado parcialmente por la Agencia

Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información del Gobierno Autónomo de Canarias. Proyecto con referencia ULLADP-08/01.

Por tanto, los objetivos de este trabajo serán:

1. Determinación del contenido de metales esenciales: sodio (Na), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), cobre (Cu), hierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn), cromo (Cr) y níquel (Ni) y metales tóxicos: cadmio (Cd) y plomo (Pb) en papas, batatas y ñames comercializadas en la isla de Tenerife.
2. Estudiar las diferencias significativas de metales según las diferentes variedades y zonas de producción de los tubérculos estudiados.
3. Comparar las concentraciones metálicas obtenidas en los tres tubérculos objeto de estudio con las concentraciones de otros estudios nacionales e internacionales.
4. Comprobar que las concentraciones medias de los metales tóxicos (cadmio y plomo) cumplen con la legislación vigente.
5. Estimar la ingesta dietética de estos metales derivada del consumo medio diario de estos tubérculos en la población canaria.
6. Calcular el porcentaje de contribución que aportan los elementos esenciales a las Ingestas Diarias Recomendadas (IDRs).
7. Calcular el porcentaje de contribución que aportan los elementos tóxicos, Cd y Pb, a las correspondientes Ingestas Semanales Tolerables Provisionales (ISTPs).

2. REVISIÓN Y ANTECEDENTES

2. REVISIÓN Y ANTECEDENTES

2.1. LA PAPA

2.1.1. ORIGEN Y EXPANSIÓN DE LA PAPA

El cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) tiene su origen en la cordillera de los Andes, situada aproximadamente a 3800 metros sobre el nivel del mar, entre Perú y Bolivia (Hawkes, 1992; Spire y Rouselle, 1999; Hijmans y Spooner, 2001; Friedman, 2006; Vlachojannis y cols., 2009; Gilsenan y cols., 2010).

Aunque diversos autores han estimado que las primeras papas silvestres se remontan a 10000 años de antigüedad (Spire y Rouselle, 1999; Ames y Spooner, 2008), no fue hasta hace aproximadamente 7000 años cuando las comunidades de cazadores y recolectores comenzaron a domesticar dichas papas silvestres (Bamberg y cols., 2003). Según Hawkes (1992), el cultivo de papa se originó a partir de la especie silvestre *Solanum leptophyes* y la primera especie domesticada fue la especie *Solanum stenotomum* (2X) cuya finalidad fue obtener tubérculos de mayor tamaño y de mayor calidad.

La cultura prehispánica “Tiahuanaco” fue la que comenzó la domesticación y el procesado artesanal de la papa expandiéndose posteriormente a la cultura “Huari” adoptando a este tubérculo como un alimento básico en la alimentación. De esta manera, con la domesticación y el cultivo de la papa, además de otros tubérculos de raíces, se originó la agricultura en toda la cordillera andina favorecida por las condiciones medioambientales de las zonas (Caldiz y Struik, 1999; Hijmans, 2001; Brown, 2008; Jiménez y cols., 2008).

Aunque no existe una fecha exacta de la entrada de los tubérculos de papas en Europa, algunos trabajos de investigación narran que fueron los españoles, en el siglo XVI (Gilsenan y cols., 2010), tras la conquista española del Imperio Inca, quienes introdujeron estos tubérculos en la Península Ibérica a través del Puerto

de Sevilla (Spire y Rousselle, 1999; Biggs, 2004; Friedman, 2006; Ruíz de Galarreta y cols., 2006).

Consecuencia de las continuas sequías y de las hambrunas que existían durante esa época, las papas se comenzaron a cultivar en las huertas del hospital de Sevilla para alimentar principalmente a los soldados y a la gente de escasos y precarios recursos (Brown, 1993; Ruíz de Galarreta y cols., 2006).

Su entrada en el continente europeo no fue sencilla, llevándose a cabo de forma escalonada: Países Bajos (1587), Viena (1588), Italia (1588), Alemania (1589), Suiza (1590), Islas Británicas (1593), Francia (1600) (Brown, 1993; Ames y Spooner, 2008).

En 1621 se produjo la entrada de los primeros tubérculos de papas en América del Norte procedentes de Europa y no a través de América del Sur (Figura 1) (Brown, 1993; Ruíz de Galarreta, 2006).

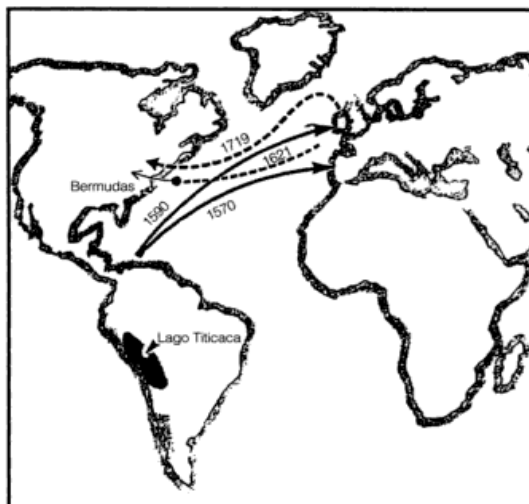


Figura 1. Origen y expansión de los tubérculos de papas a nivel mundial.

En Europa, en el inicio de la “época de los descubrimientos”, los navegantes fueron los primeros en utilizar los tubérculos como alimento llevándolos durante sus largas travesías. De este modo, a principios del siglo XVII, la papa fue introducida en otros países como por ejemplo la India, China y Japón extendiéndose finalmente por todo el mundo (Walker y cols., 1999).

Cabe destacar que entre los años 1845 y 1848 se produjo en Irlanda una epidemia como consecuencia de la presencia del hongo *P. infectans* en las papas. Esta epidemia originó una situación de hambruna provocando la muerte de millones de personas, además de la emigración de los habitantes (Borba, 2008).

Se puede concluir que, aunque a principios del siglo XVI las papas era un cultivo exclusivo de América del Sur, a partir de la conquista española, estos tubérculos se extendieron por todo el mundo convirtiéndose en un alimento de importancia mundial.

2.1.2. INTRODUCCIÓN DE LA PAPA EN LA ISLA DE TENERIFE

Existen indicios constatados acerca de la presencia de las papas en el archipiélago canario a partir de 1560 procedentes directamente desde Perú. En aquel momento, las islas Canarias desempeñaban un papel fundamental al ser lugar de paso de los navíos que comercializaban con América y, a través de ellas se llevó a cabo la entrada de la papa en Europa (Ríos, 2012).

En 1622, los primeros tubérculos de papas afloraron en la zona de Icod el Alto (norte de la isla de Tenerife) cuyas variedades pertenecían a la subespecie andina *Solanum tuberosum* (Ames y Spooner, 2008; Ríos, 2012).

La adaptación del cultivo de la papa a las condiciones climáticas y edáficas de la isla y el apuro de alimentar a la población isleña produjo un aumento de la superficie dedicada a dicho cultivo. Las primeras zonas en acoger este cultivo fueron los terrenos situados en la medianía norte de la isla de Tenerife, en las zonas altas del sur y en las cotas elevadas de las montañas de Teno y Anaga. Debido a la carencia de riego en dichas zonas, las escasas lluvias y la presencia de una humedad constante, los tubérculos de papas comenzaron a cultivarse en condiciones de secano (Ríos, 2012).

En el siglo XVII, la papa se cultivaba junto con otros cultivos como por ejemplo el maíz, las legumbres y las hortalizas. A partir del siglo XIX, las papas se convierten en un alimento esencial de la dieta adquiriendo importancia no sólo

en el mercado americano sino también en el británico. En 1935, comienza una disminución de las exportaciones desencadenando que la producción de papas se destine principalmente al mercado local (Gil, 1997).

2.1.3. PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE PAPAS A NIVEL MUNDIAL

El hecho de adaptación del cultivo de la papa a las diferentes condiciones climáticas y las innovaciones tecnológicas en los sistemas de producción y comercialización se han traducido en un aumento de la producción mundial de este tubérculo en comparación con otros cultivos como por ejemplo el trigo (Hijman, 2003).

En la actualidad, la papa (*Solanum tuberosum L.*), perteneciente a la familia *Solanaceaes*, forma parte del sistema alimentario mundial siendo el cuarto alimento básico después del arroz, el trigo y el maíz (Suárez y cols., 2003; Biggs, 2004; Andre y cols., 2007; Aman y cols., 2008; Borba, 2008; Gilsenan y cols., 2010).

En el año 2009, la producción mundial de papas ascendió a 331 millones de toneladas (MTm) anuales ocupando una superficie total aproximada de 18,5 millones de hectáreas (MHa), alcanzando un rendimiento anual de 17,89 Tm/Ha (FAOSTAT, 2009). Las Figuras 2, 3 y 4 reflejan la producción mundial de papas, la superficie total cosechada y el rendimiento obtenido en el año 2009.

Producción mundial de papas (MTm)

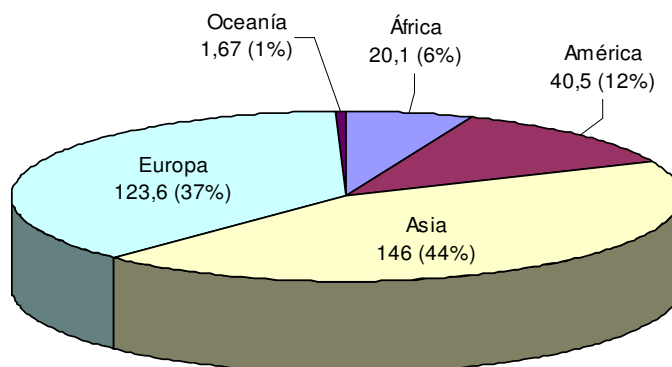
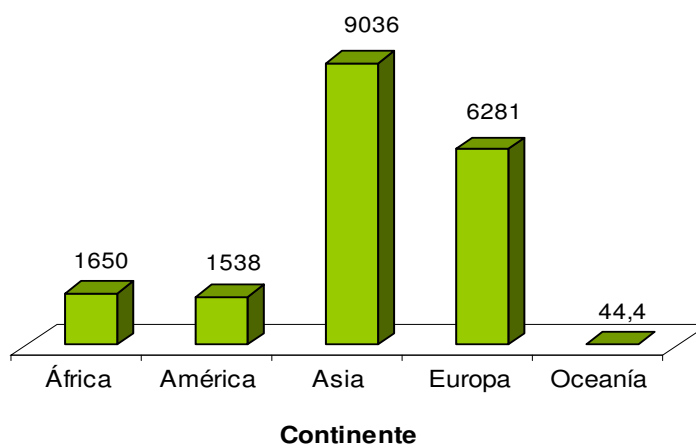
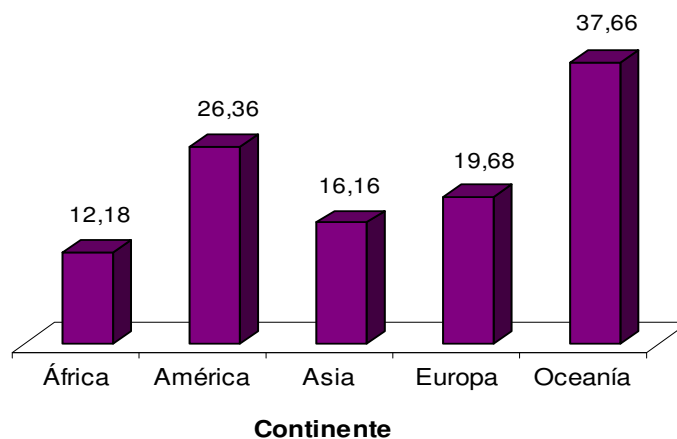


Figura 2. Producción mundial de papas en el año 2009.

Superficie cultivada de papas (MHa)**Figura 3.** Superficie total cosechada de papas en el año 2009.**Rendimiento mundial de papas (Tm/Ha)****Figura 4.** Rendimiento total de papas en el año 2009.

En los últimos años, la producción de papas ha aumentado en los países en vía de desarrollo en comparación con la de los países desarrollados. Debido a que es un alimento perecedero y el elevado coste del transporte, su producción se limita principalmente al comercio transfronterizo; llegando solamente un 6% de la producción al mercado internacional. Los principales países productores de papas son China, Rusia, India y Ucrania (Hijmans, 2003).

Según Fairweather-Tait (1983), las papas son consumidas diariamente en grandes cantidades en comparación con otros vegetales siendo los grupos de

población con los ingresos económicos más bajos los que más consumen estos tubérculos. En la Figura 5 se muestra el consumo mundial de papa en el año 2009.

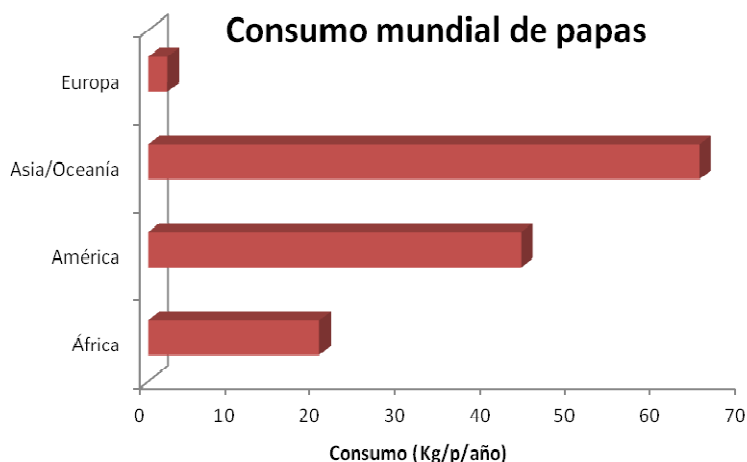


Figura 5. Consumo mundial de papas en el año 2009.

En el año 2009, el continente asiático alcanzó el mayor consumo medio de papas siendo China uno de los principales países consumidores de tubérculos (FAOSTAT, 2009).

2.1.4. PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE PAPAS EN LA ISLA DE TENERIFE

En Canarias, la papa es, después de la vid y el plátano, el tercer cultivo en extensión de las islas, con una producción en el año 2009 de 79232 toneladas (Tm) ocupando una superficie cultivada de 4029 hectáreas (Ha) (EAC, 2009; ISTAC, 2009), lo que supone un rendimiento medio aproximado de 19,67 Tm/Ha. Las Figuras 6, 7 y 8 reflejan la producción total de papas, la superficie total cosechada y el rendimiento obtenido en el año 2009 para cada una de las islas del archipiélago canario.

Producción total de papas en Canarias (Tm)

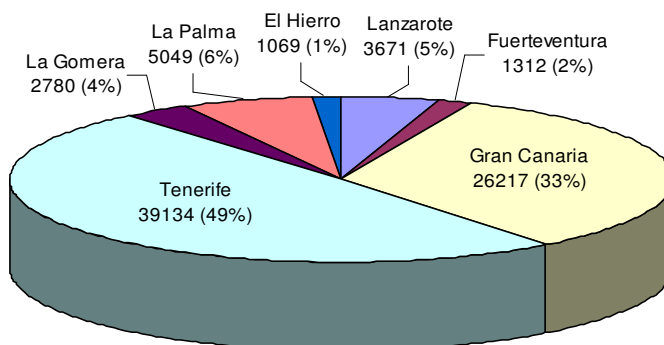


Figura 6. Producción total de papas en Canarias en el año 2009.

Superficie cultivada de papas en Canarias (Ha)

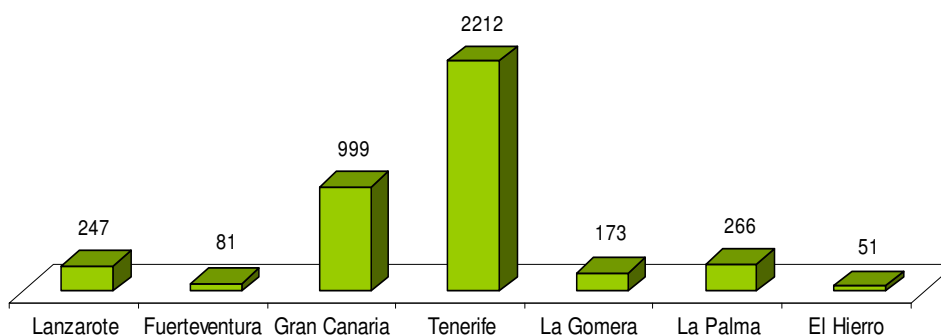


Figura 7. Superficie total cosechada de papas en Canarias en el año 2009.

Rendimiento de papas en Canarias (Tm/Ha)

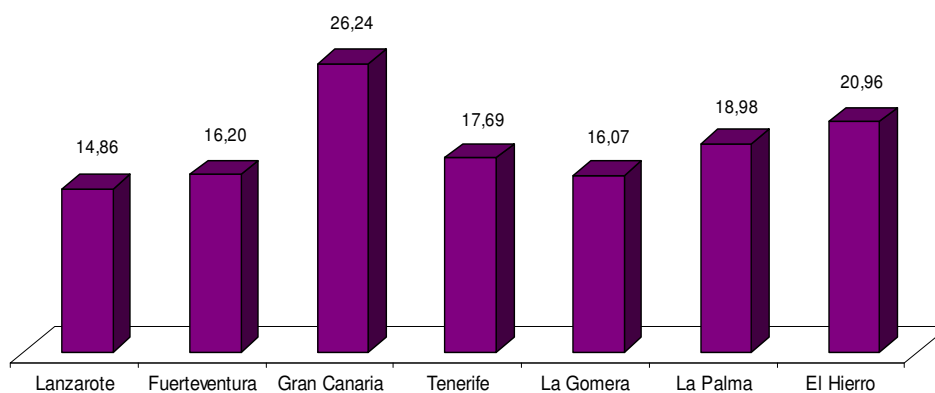


Figura 8. Rendimiento total de papas en Canarias en el año 2009.

Según el Instituto Canario de Estadística (ISTAC), la producción de papa en la isla de Tenerife superó a las producciones de las restantes islas. Sin embargo, la isla del archipiélago que alcanzó el rendimiento mayor fue Gran Canaria. La producción de papa cultivada en la isla de Tenerife y, en general en las otras islas, es principalmente local limitándose al mercado interno. Cabe destacar que en los últimos años se han llevado a cabo numerosas importaciones de este tubérculo y de sus semillas principalmente de países europeos como por ejemplo Inglaterra lo que dificulta la comercialización de las papas producidas en la isla (Brito y cols., 1999).

Un estudio realizado por la Encuesta Nutricional de Canarias (ENCA) sobre los hábitos alimentarios de la población canaria refleja que el consumo medio anual de tubérculos varía en función de la isla en cuestión, de la edad y el sexo de la población además del nivel socio-económico y el nivel de estudios de la misma (Casañas y cols., 2002). En la Figura 9 se muestra el consumo medio anual de papas en Canarias en el año 1997-1998.

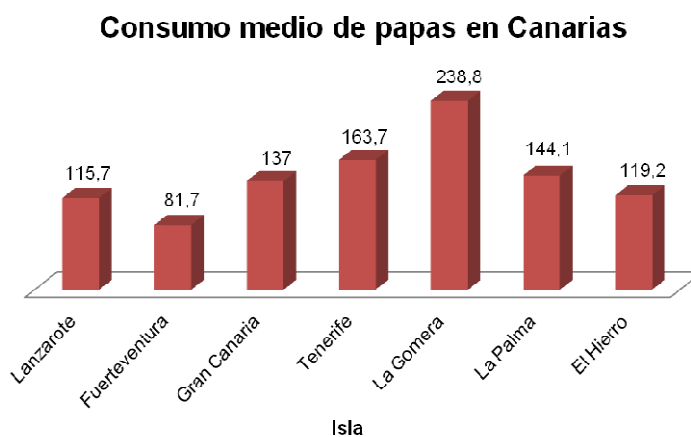


Figura 9. Consumo medio de papas en Canarias en el período 1997-1998.

El consumo medio de papas en la población isleña es elevado. Según la ENCA, su consumo medio es inferior en las islas orientales (Fuerteventura, Gran Canaria y Lanzarote) si lo comparamos con las islas occidentales (El Hierro, La Palma, S/C de Tenerife y La Gomera). La isla que refleja el consumo medio de papas más bajo es Fuerteventura (81,7 g/persona/día) mientras que la Gomera

es la isla con mayores consumidores de papas (238,8 g/persona/día) seguida de S/C de Tenerife (163,7 g/persona/día).

2.1.5. CLASIFICACIÓN DE LAS PAPAS CULTIVADAS EN LA ISLA DE TENERIFE

En la actualidad, existe una amplia variedad de papas que se clasifican atendiendo a los siguientes criterios: forma del tubérculo, el color de la piel, las condiciones de almacenamiento, el sabor, y otros. (Wszelaki y cols., 2005; Andre y cols., 2007). El color y el aspecto que puede llegar a presentar el tubérculo son factores determinantes para el consumidor (Kristufek y cols., 2000; Walter y cols., 2000; Kaack y cols., 2002; Wszelaki y cols., 2005; Jemison y cols., 2008; Buono y cols., 2009).

Diversos autores (Álvarez y Gil, 1996; Gil, 1997; Casañas y cols., 2003a; Casañas y cols., 2003b; Ríos, 2012) clasifican las distintas variedades de papas que se cultivan y se comercializan en la isla de Tenerife en:

- ❖ Variedades locales: Dentro de este grupo se encuentran tres subtipos:
 - Tipo 1: Son aquellas papas cuya edad es desconocida y tradicionalmente han sido cultivadas en la isla de Tenerife. En este grupo se incluyen las papas que llegaron en épocas más tempranas a las islas y que pertenecen en principio por sus características morfológicas a la subespecie andina o a la especie *Solanum x chaucha*. Dentro de este grupo se incluyen las siguientes variedades: Azucena, Bonita, Borralla, Colorada, María, Mora, Negra, Palmera, Peluca y Torrenta.
 - Tipo 2: Papas importadas por los emigrantes retornados procedentes de Venezuela y otros países de América del Sur durante el siglo XX. Dentro de este grupo destacan las siguientes variedades: Andina, Colombiana ó Caraqueña, Venezolana.
 - Tipo 3: Papas introducidas durante el siglo XX procedentes de probablemente del Reino Unido, cuya semilla se ha dejado de importar conservándose únicamente por los propios agricultores.

- ❖ Variedades de importación: Papas de importación reciente y que se cultivan en la actualidad. Se trata de variedades cuya semilla es producida en el Reino Unido. Dentro de este grupo se incluyen las variedades Cara, King Edward (también denominada Quinegua o Chinegua según las zonas), Up to Date (conocida como *Autodate*), Kerr's Pink (denominada comúnmente *Rosada*) y Recara.

2.1.6. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PAPA.

Determinados autores consideran a las papas como un alimento de bajo valor nutritivo asociando un consumo elevado de las mismas a enfermedades como por ejemplo la obesidad o la diabetes (Dapcich y Troglia, 2006). Sin embargo, en Canarias estos tubérculos son apreciados por su calidad particular, no sólo en relación a su sabor sino también a sus propiedades organolépticas y químicas que presentan.

La composición química de estos tubérculos puede variar dependiendo de la variedad de que se trate, la región donde se cultive, los fertilizantes que se le aplican (Casañas y cols., 2003a; Casañas y cols., 2003b; Wszelaki y cols., 2005; Liu y cols., 2007; Leo y cols., 2008; Buono y cols., 2009) y las condiciones de almacenamiento (Ereifej y cols., 1997; Brito y cols., 1999; Mataix y Pérez, 2002; Casañas y cols., 2003a; Casañas y cols., 2003b; Jiménez y cols., 2008; Buono y cols., 2009).

En general, la papa es considerada una buena fuente de energía (Ereifej y cols., 1997) capaz de aportar a la dieta los siguientes nutrientes: Agua (72-75%), hidratos de carbono (16-20%), grasas (0,15%), proteínas (2-2,5%), fibra (1-1,8%), vitaminas hidrosolubles (principalmente ácido ascórbico (Munshi y cols., 1993; Woese y cols., 1997; Casañas y cols., 2002; Love y Pavek, 2008) y, en menor medida, las vitaminas B₁, B₃ y B₆), minerales (principalmente potasio seguido de magnesio y hierro) (Figura 10) y otros compuestos (cenizas, antioxidantes principalmente polifenoles) (Casañas y cols., 2002; Mataix y Pérez, 2002; Buono y cols., 2009; Ríos, 2012).

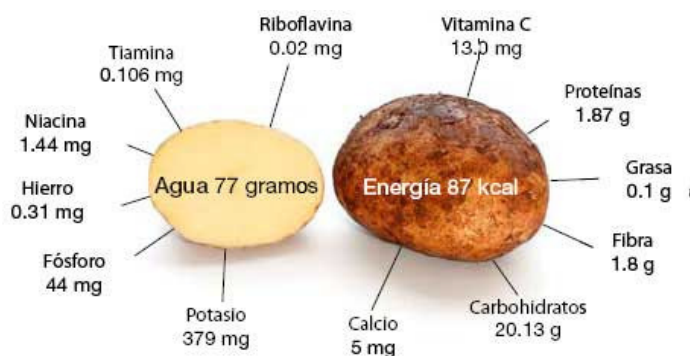


Figura 10: Composición química de papa pelada y hervida antes de su consumo (mg/100g).

Cabe destacar que la mayor parte de la materia seca del tubérculo se encuentra en forma de almidón (60-85%) y otros azúcares (0,5-1,8%). Por otro lado, aproximadamente la mitad total del nitrógeno presente en el tubérculo proviene de las proteínas. Algunos autores han demostrado que el contenido de proteínas en las papas es superior comparado al de otros tubérculos y vegetales (Mataix y Pérez, 2002; Dapcich y cols., 2006).

Diversos estudios epidemiológicos han confirmado que el consumo de alimentos ricos en sustancias antioxidantes, como es el caso de las papas, está correlacionado con un menor riesgo de enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cánceres (Lachman y cols., 2000; Friedman, 2006; Andre y cols., 2007; Brown, 2008; Brown y cols., 2008). Además, la piel de las papas es una importante fuente de fibra dietética (Friedman, 2006) y de polifenoles y carotenoides (Brito y cols., 1999; Friedman, 2006) los cuales son empleados en la formulación de los alimentos funcionales (Al-Weshahy y Venket-Rao, 2009). Líneas de investigación han evidenciado que la piel de las papas ayudan a mejorar la diabetes en individuos (Singh y cols., 2005; Friedman, 2006).

Desde un punto de vista nutricional, los minerales y otros nutrientes presentes en las papas son susceptibles a perderse durante los procesos de tratamiento a los cuales son sometidos dichos tubérculos (Ereifej y cols., 1997; Ereifej, 1998).

Los principales usos de estos tubérculos son:

❖ Industria alimentaria:

- Las papas puede ser procesadas de diversas formas (precocida, prefrita congelada, y otros) (Biggs, 2004; Belitz y cols., 2009; Buono y cols., 2009).
- El almidón, presente en el tubérculo, se puede emplear de formas diversas (Biggs, 2004; Zaidul y cols., 2007): harina (elaboración de mayonesas, jaleas, y otros), melaza seca (elaboración de embutidos, caramelos), polvo (helados, gelatinas y conservas).
- Se emplea como materia prima en alimentos o como forraje.

❖ Industria química: Las principales aplicaciones son:

- Elaboración de alcohol para los licores de consumo humano.
- Elaboración de etanol o diluyente para la industria de cosméticos, lacas, aditivos y pinturas.
- El almidón se utiliza en la industria textil y papelera. (encuadernación, jabones, cartón, sellos, tintas, entre otros).

Según Vlachojannis y cols. (2009), ciertos compuestos presentes en los tubérculos de papas ejercen efectos medicinales. Así, el jugo de las papas recién exprimidas es empleado en casos de dolores estomacales.

2.2. LA BATATA

2.2.1. ORIGEN Y EXPANSIÓN DE LA BATATA

Aunque el origen y el lugar de domesticación de la batata (*Ipomoea batatas L.*) es confuso, diversos autores afirman que estos tubérculos son nativos de América Central (Ishida y cols., 2000; An y cols., 2003), concretamente entre la Península de Yucatán (México) y la desembocadura del río Orinoco (Venezuela) remontándose a 6000-8000 años de antigüedad (Real y Machín, 2006; Bovell-Benjamin, 2007; Lebot, 2010).

A mediados del siglo XVI, los navegantes introdujeron estos tubérculos en España y en las Islas Canarias, adquiriendo una rápida aceptación debido a su adaptación a las condiciones medioambientales de las islas. Con posterioridad, fueron difundidos hacia Europa, África y América del Norte (Biggs, 2004).

2.2.2. PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE BATATAS A NIVEL MUNDIAL

La batata, boniato o camote (*Ipomoea batatas L.*), perteneciente a la familia de las *Convolvuláceas*, se encuentra ampliamente distribuida por todo el mundo y ocupa el séptimo lugar en orden de importancia después del arroz, el trigo, el maíz, la papa, la cebada y la yuca (CIP, 1996; Oluwatooyin y cols., 2003; Ramakrishna y cols., 2009; Lebot, 2010).

La producción mundial de batatas en el año 2009 fue aproximadamente 103 millones de toneladas (MTm) ocupando una superficie total cultivada de 8 millones de hectáreas (MHa), lo que supone un rendimiento de 12,87 Tm/Ha (FAOSTAT, 2009). Las Figuras 11, 12 y 13 reflejan la producción mundial de batatas, la superficie total cosechada y el rendimiento obtenido en el año 2009.

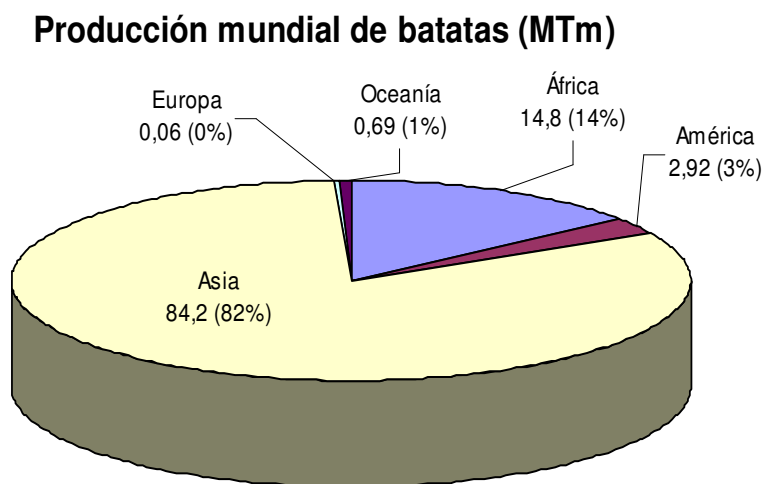


Figura 11. Producción mundial de batatas en el año 2009.

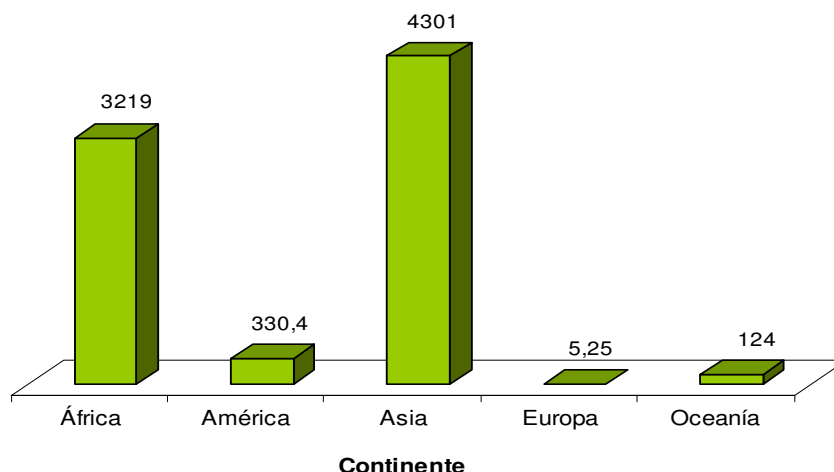
Superficie cultivada de batatas (MHa)

Figura 12. Superficie total cosechada de batatas en el año 2009.

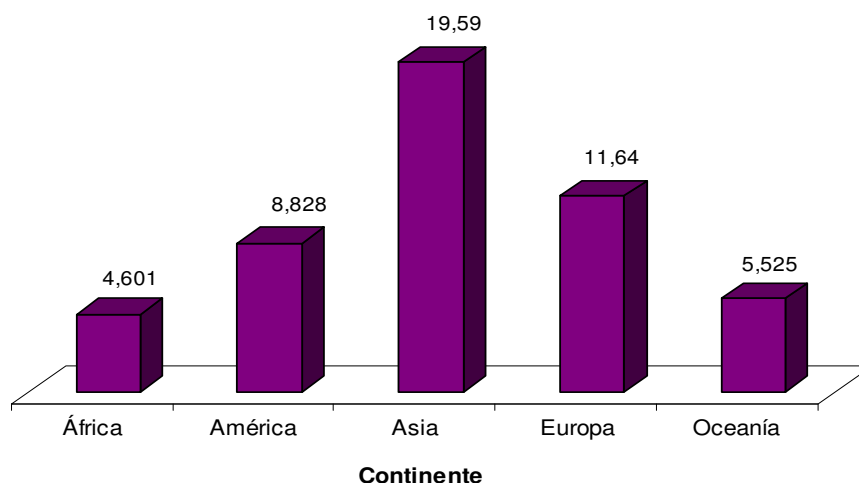
Rendimiento total de batatas (Tm/Ha)

Figura 13. Rendimiento total de batatas en el año 2009.

Aproximadamente un 98 % de la producción total de batatas se obtiene en países en vía de desarrollo siendo China el principal país productor de batatas seguido de Indonesia, Uganda y Vietnam (An y cols., 2003; Ramakrishna y cols., 2009).

El consumo medio de batatas a nivel mundial se muestra en la Figura 14 en la que destaca el continente africano como principal consumidor de este tubérculo (FAOSTAT, 2009).

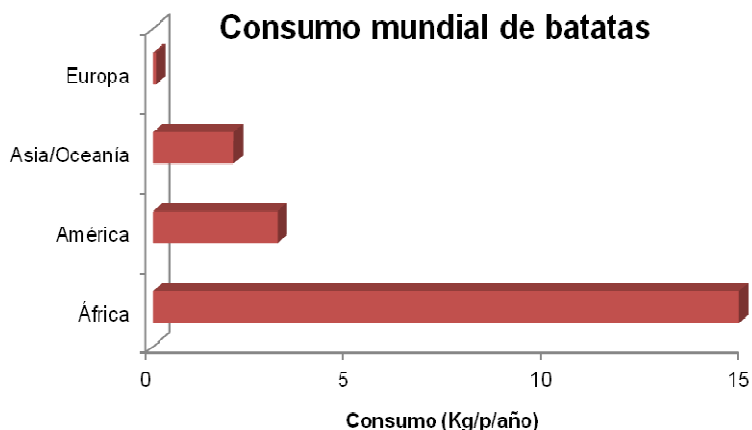


Figura 14. Consumo mundial de batatas en el año 2009.

2.2.3. PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE BATATAS EN LA ISLA DE TENERIFE

El cultivo de las batatas está estrechamente vinculado a las Islas Canarias debido a su alto consumo y razones de tradición y acervo.

Según datos estadísticos, la producción y superficie cultivada de batatas ha descendido en los últimos años. Así, en Canarias, entre los años 1990 y 1999, la superficie total dedicada al cultivo de la batata se redujo pasando de 551 a 300 Ha (Real y Machín, 2006). En el año 2009, la producción de batatas alcanzada en las Islas Canarias fue de 5621 Tm con una superficie cultivada de 529,4 Ha, representando un rendimiento anual de 10,62 Tm/Ha (ISTAT, 2009). Las Figuras 15, 16 y 17 reflejan la producción total, la superficie cosechada y el rendimiento obtenido de batatas en Canarias en el año 2009.

Producción de batatas en Canarias (Tm)

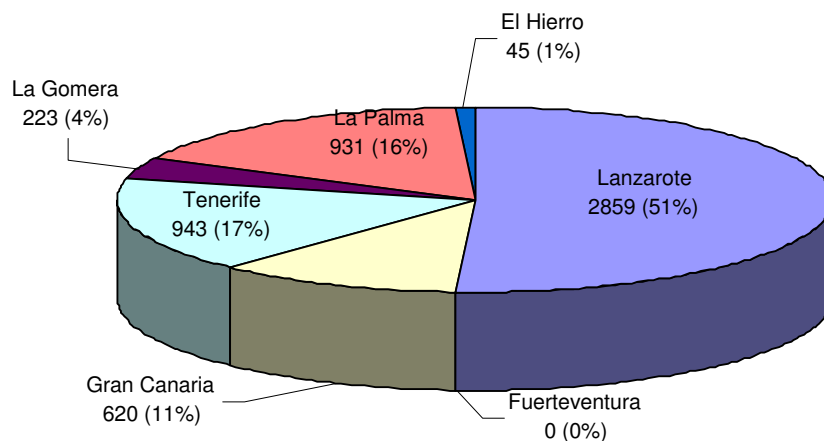


Figura 15. Producción total de batatas en Canarias en el año 2009

Superficie cultivada de batatas en Canarias (Ha)

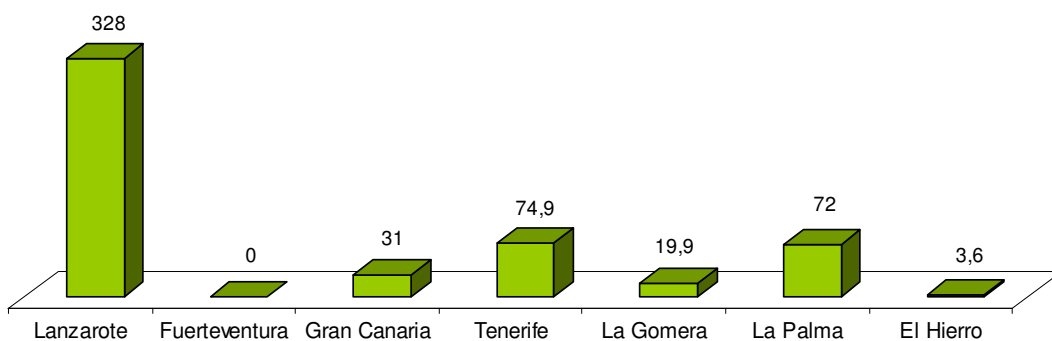


Figura 16. Superficie total cosechada de batatas en Canarias en el año 2009

Rendimiento de batatas en Canarias (Tm/Ha)

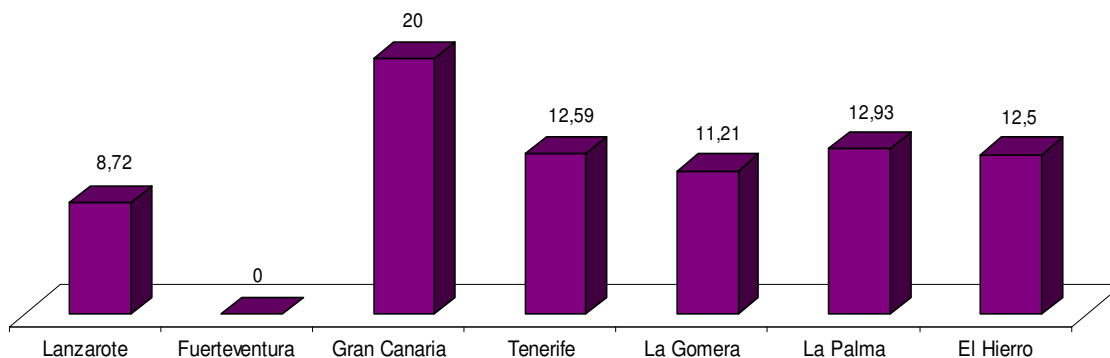


Figura 17. Rendimiento total de batatas en Canarias en el año 2009

Los índices estadísticos reflejan que la producción de batata y la superficie dedicada a dicho cultivo es superior en las islas orientales en comparación con las islas occidentales. Lanzarote fue la isla que registró la mayor producción y superficie cultivada (2859 Tm y 328 Ha, respectivamente) seguida por Tenerife con una producción total de 943 Tm y una superficie cultivada de 74,9 Ha, lo que supone un rendimiento medio de 12,59 Tm/Ha (ISTAC, 2009). Cabe destacar que las batatas cultivadas en la isla de Tenerife proceden del norte y del sur de la isla y prácticamente la producción total de las mismas se destina al mercado local (Montes y cols., 2010).

2.2.4. CLASIFICACIÓN DE LAS BATATAS CULTIVADAS EN LA ISLA DE TENERIFE

Existe una gran cantidad de variedades de batatas, las cuales difieren según el color de su raíz (blanca, crema, marrón, amarilla, roja, violeta), el color de su masa (blanca, crema, amarilla, naranja, morada) (Bovell-Benjamin, 2007), la forma, el tamaño (Aina y cols., 2009), la textura, el tiempo de maduración y la resistencia a enfermedades (Woolfe, 1992; Huamán, 1992; Pelczar, 2007; Lebot, 2010). Según Farinu y Baik (2007), los consumidores muestran preferencia por las variedades de batatas amarillas por su buen sabor y las cualidades culinarias que presentan. Sin embargo, esta variedad no es tan dulce como las variedades blancas.

Actualmente, las principales variedades de batatas comercializadas en la isla de Tenerife (Real y Machín, 2006) se clasifican en:

- *Blanca* ó “*Conejera*”: Su piel es marrón y su masa blanca. Presenta una forma larga y elíptica. Su producción es a lo largo de todo el año y se caracteriza porque es menos dulce que las restantes variedades de batatas.
- *Colorada* ó de *Lanzarote*: Su piel es rojiza y oscura y su masa rosa pálido a blancuzca, de forma alargada e irregular. De sabor bastante dulce y con producciones localizadas a lo largo del verano.
- *Yema de Huevo* ó “*Patagallina/Empinada Roja*” ó *Naranja*: Su piel es anaranjado claro, de forma oblonga, masa amarilla y de sabor muy dulce. Sus producciones son más centradas en los meses invernales.

2.2.5. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA BATATA

La importancia y el valor nutritivo de las batatas ha sido ampliamente documentada (Woolfe, 1992; Aregheore, 2004; Bovell-Benjamin, 2007; Montes y cols., 2010). La composición química de estos tubérculos es: Agua (70-80%), hidratos de carbono (20-25%), grasas (0,1-0,6%), proteínas (1-2%), fibra (2,5%) (Mataix y Pérez, 2002). Además, estos tubérculos contienen vitaminas (principalmente vitamina A (Farinu y Baik, 2007) y ácido ascórbico), minerales (principalmente calcio, hierro y potasio) y carotenos (Bovell-Benjamin, 2007; Pelczar, 2007; Lebot, 2010). Cabe destacar que la cantidad de β -caroteno es dependiente de la intensidad del color en la variedad del tubérculo (Bovell-Benjamin, 2007; Aina y cols., 2009; Lebot, 2010). Múltiples estudios han demostrado que aquellas variedades cuyas masas son coloreadas presentan un mayor contenido en carotenoides y antocianos (Bovell-Benjamin, 2007; Aina y cols., 2009).

Las batatas pueden ser procesadas de distintas formas: fritas, cocinadas (Belitz y cols., 2009), pasta endulzada, harina para panificación, y otros (Oluwatooyin y cols., 2003; Farinu y Baik, 2007; Aina y cols., 2009; Andrade y cols., 2009). Asimismo, la batatas son utilizadas como materia prima para la obtención de aguardiente (Aina y cols., 2009; Andrade y cols., 2009; Lebot, 2010). Por otra parte, estos tubérculos se utilizan como forraje para la alimentación del ganado porcino durante la fase de crecimiento (Ravindran y cols., 1995; Almazan y Zhou, 1997; Andrade y cols., 2009) y rumiantes (An y cols., 2003; Aregheore, 2004; Lebot, 2010).

Por otro lado, son una alternativa en la producción de almidón para la industria no alimentaria donde se utiliza como adhesivos para encuadernaciones, recubrimientos de papeles, cabezas de fósforos, cremas faciales, películas de plásticos biodegradables, y otros (Andrade y cols., 2009; Lebot, 2010).

2.3. EL ÑAME

2.3.1. ORIGEN Y EXPANSIÓN DEL ÑAME

Existen evidencias que sugieren que el cultivo del ñame o taro (*Colocasia esculenta L.*) tuvo su origen en el centro y sur del continente asiático, concretamente de la India ó de la Península Malaya, donde se cultivaba desde el año 5000 a.C (Onwueme, 1999; Perdomo, 2010). Diversos autores afirman que estos tubérculos llegaron a la costa este de África hace aproximadamente 2000 años, extendiéndose posteriormente a la costa oeste del continente y, finalmente al continente americano (Onwueme, 1999; Perdomo, 2000; Asiedu y Sartie, 2010).

Aunque no existe una fecha exacta de la entrada de los primeros ñames en Canarias, hay indicios que narran que llegaron al archipiélago tras la conquista, traídos por los españoles desde el Mediterráneo (Perdomo, 2000).

Estos tubérculos son cultivados principalmente en regiones tropicales y subtropicales y en algunas zonas templadas (Agbor-Egbe y Treche, 1995; Treche y Agbor-Egbe, 1996; Huang y cols., 2000; Mcanuff y cols., 2005; Lebot y cols., 2006; Zuluaga y cols., 2007; Alvis y cols., 2008; Asiedu y Sartie, 2010; Lewu y cols., 2010). Su producción varía en función de la región donde es cultivado dicho tubérculo y de los cuidados que se le dan al mismo (Baah y cols., 2009).

2.3.2. PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE ÑAMES A NIVEL MUNDIAL

El ñame (*Colocasia esculenta L.*) es un tubérculo perteneciente a la familia de las *Araceae* (Onwueme, 1999). Es difícil estimar los datos de la producción y el comercio de ñames debido a su escaso significado dentro de la producción mundial de tubérculos y raíces. La producción mundial de ñames estimada en el año 2009 fue de 48 millones de toneladas (MTm) con una superficie total cultivada de 4,8 millones de hectáreas (MHa), lo que supone un rendimiento global de 9,95 Tm/Ha (FAOSTAT, 2009). Las Figuras 18, 19 y 20 reflejan la

producción mundial de ñames, la superficie cosechada y el rendimiento obtenido en el año 2009.

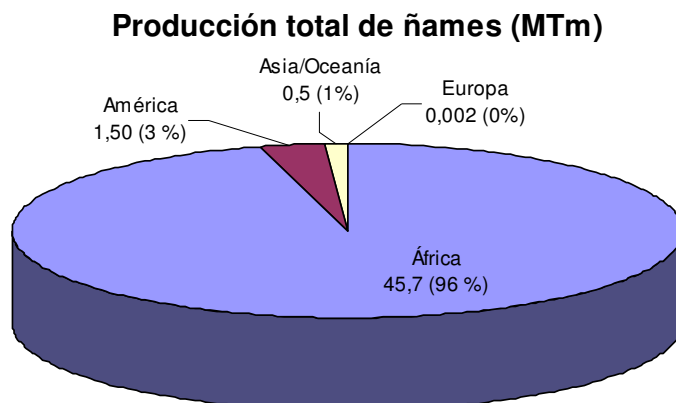


Figura 18. Producción mundial de ñames en el año 2009

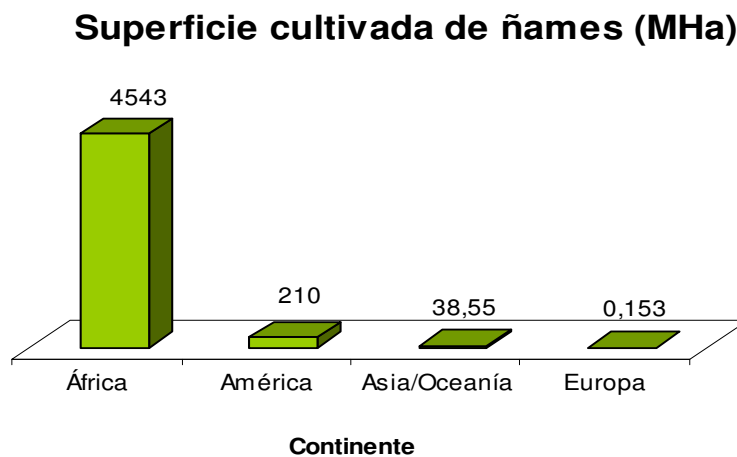


Figura 19. Superficie total cosechada de ñames en el año 2009

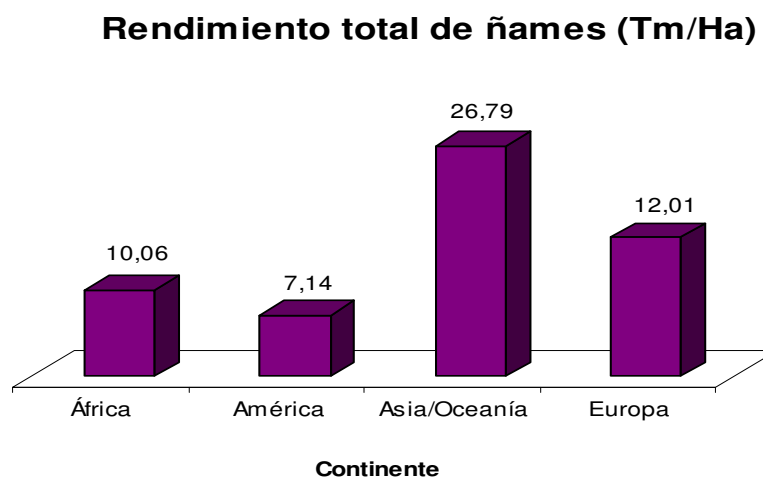


Figura 20. Rendimiento total de ñames en el año 2009

Según los datos estadísticos, la mayor producción y superficie cultivada de ñames se refleja en el continente africano. Cabe destacar que los principales países productores son Nigeria, China y Ghana mientras que Japón, Estados Unidos y Nueva Zelanda importan dichos tubérculos. Sin embargo, en Asia/Oceanía se alcanzan los rendimientos más altos (FAOSTAT, 2009).

Cabe destacar que África es el continente donde el consumo de ñames es el más elevado mientras que en Europa es muy bajo (Figura 21) (FAOSTAT, 2009).

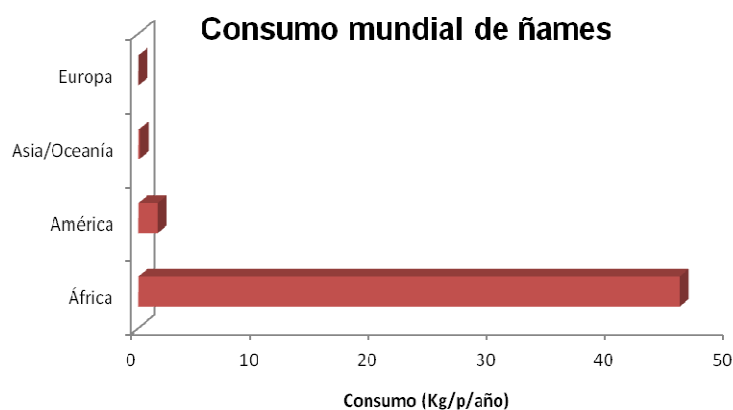
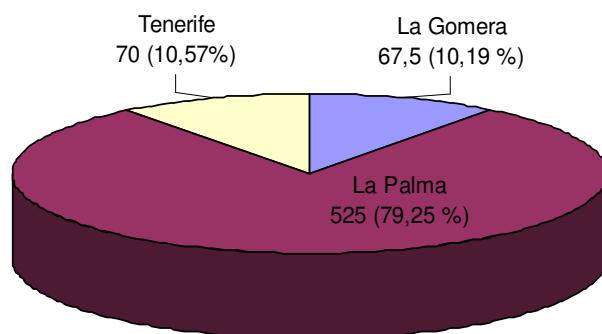
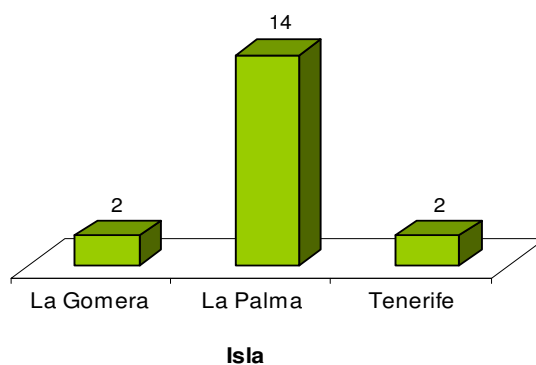
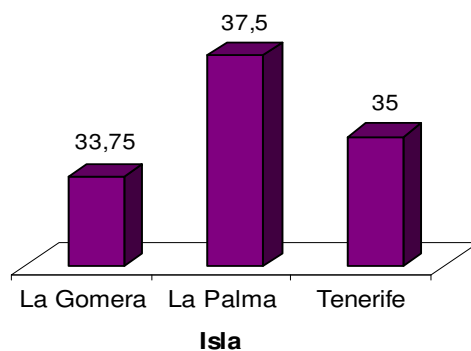


Figura 21. Consumo mundial de ñames en el año 2009

2.3.3. PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE ÑAMES EN LA ISLA DE TENERIFE

Los datos estadísticos en relación a la producción, superficie y consumo de ñames en Canarias son escasos. Monge y Pérez (1995) aportan datos de producción y superficie cultivada correspondientes al año 1995. Las Figuras 22, 23 y 24 muestran la producción anual, la superficie cultivada y el rendimiento medio de ñames en Canarias en el año 1995.

Producción de ñames en Canarias (Tm)**Figura 22.** Producción de ñames en Canarias**Superficie cultivada de ñames en Canarias (Ha)****Figura 23.** Superficie cultivada de ñames**Rendimiento de ñames en Canarias (Tm/Ha)****Figura 24.** Rendimiento medio de ñames en Canarias

Aunque la cosecha de ñames ha descendido en los últimos años, La Palma es la isla que presenta la mayor producción, seguida por las islas de Tenerife y La Gomera. Así es posible comprender el hecho de que estos tubérculos sean

capaces de crecer en unas condiciones únicas (terrenos inundados que se encuentran próximos a los barrancos ó manantiales y con escasa luz) (Englberger y cols., 2008; Perdomo, 2000; Perdomo, 2010).

Sus rendimientos son variables dependiendo del lugar de cultivo, del sistema empleado y del destino de la producción (autoconsumo o fines comerciales). Los rendimientos medios en Canarias se encuentran alrededor de 55 a 65 Tm/Ha (Monge y Pérez, 1995).

El comercio de estos tubérculos en la isla de Tenerife es básicamente local, limitándose exclusivamente para consumo interno. El mayor volumen de ñames se comercializa durante el mes de diciembre debido a que este tubérculo guisado y endulzado con azúcar ó miel constituye un postre típico de la época navideña.

2.3.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ÑAME

Las formas de los tubérculos de ñames e incluso el color de su masa pueden ser muy variables pudiéndose encontrar ñames con formas ovales, redondas, cilíndricas, alargadas, triangulares e incluso desformadas cuya masa puede ser blanca o con cierta coloración (Lebot y cols., 2006).

Al igual que los otros tubérculos mencionados anteriormente, los ñames presentan un alto contenido de hidratos de carbono constituyendo una importante fuente de energía para la población de África Occidental, Sur de Asia (principalmente China, Japón, Nepal y Oceanía) y los países del Caribe (Aregheore y Perera, 2003; Lebot y cols., 2006; Zuluaga y cols., 2007; Alvis y cols., 2008; Asiedu y Sartie, 2010). Bhandari y Kawabata (2005) demostró que los ñames presentan un mayor aporte nutricional en comparación a otros tubérculos tropicales. La composición química aproximada de los ñames es la siguiente: Agua (71%), hidratos de carbono (27%), grasas (0,2%), proteínas (1,5%), fibra (4%) y otros compuestos tales como vitaminas (principalmente niacina y ácido ascórbico) y minerales (mayoritariamente potasio y calcio) (Mataix y Pérez, 2002). Estos tubérculos proporcionan un mayor contenido en

proteínas que las batatas y las yucas (Agwunobi, 1999; Mataix y Pérez, 2002) siendo capaces de aportar una gran cantidad de aminoácidos esenciales a la dieta de los seres vivos (Bhandari y Kawabata, 2005; Baah y cols., 2009).

Los ñames pueden ser consumidos de diversas maneras: fritos, hervidos, cocidos al horno (Agbor-Egbe y Treche, 1995; Onwueme, 1999; Bhandari y cols., 2003; Biggs, 2004; Lebot y cols., 2006; Englberger y cols., 2008; Asiedu y Sartie, 2010; Perdomo, 2010). Asimismo, las hojas y los brotes jóvenes de los ñames se usan como alimento para la población (Huang y cols., 2000; Chay-Prove y Goebel, 2004; Englberger y cols., 2008).

2.4. LOS METALES ESTUDIADOS

Los metales se definen como un conjunto de elementos de elevada densidad (superior a 7 g/cm^3) ampliamente distribuidos en la corteza terrestre (Duffus, 2002; Järup, 2003).

El aire, el agua y el suelo constituyen las principales vías de entrada de metales a los vegetales (Rahlenbeck y cols., 1999; Rojas y cols., 1999; Chojnacka y cols., 2005; Ismail y cols., 2005; Islam y cols., 2007; Golia y cols., 2008). La importancia de estas vías de distribución de metales depende del elemento en cuestión, de la localización y tipo de suelo, de la especie vegetal y de las prácticas agrícolas aplicadas (Pilgrim y Schroeder, 1997; Dudka y Miller, 1999; García y Dorronsoro, 2001; Kroes y cols., 2002). Asimismo, la capacidad de absorber y acumular metales difiere notablemente, teniendo en cuenta la variedad del vegetal (Alloway y Jackson, 1991; Turner, 1994; Chukwuma, 1995; Logan y cols., 1997; Pilgrim y Schroeder, 1997; Angelova y cols., 2004; Giacomo y cols., 2007; Islam y cols., 2007; Yang y cols., 2007; Golia y cols., 2008; Prieto y cols., 2009; Hernández y cols., 2012; Rubio y cols., 2012).

La absorción de metales por los vegetales es el primer paso para la entrada de éstos en la cadena alimentaria (Chukwuma, 1995; Logan y cols., 1997; Bahemuka y Mubofu, 1999; Maiga y cols., 2005; Essumang y cols., 2007; Islam

y cols., 2007; Khan y cols., 2008). La absorción y posterior acumulación de los metales en los vegetales es debida principalmente al movimiento desde el suelo a las raíces de las mismas (Wierzbicka y Antosiewicz, 1993; Logan y cols., 1997; Baghour y cols., 2001; Liu y cols., 2005; Essumang y cols., 2007; Yang y cols., 2007; Khan y cols., 2008; Prieto y cols., 2009). En general, la composición mineral de los suelos puede influir en la composición metálica de los tubérculos (Maiga y cols., 2005; Giacomo y cols., 2007) pudiéndose acumular altas concentraciones de elementos metálicos en los mismos (Islam y cols., 2007; Peris y cols., 2007). Diversas líneas de investigación han demostrado que variando las propiedades del suelo (pH, materia orgánica, potencial redox y capacidad de cambio catiónico), como consecuencia de los procesos agrícolas, se pueden producir cambios en la movilidad y disponibilidad de metales (Chukwuma, 1995; Mench, 1998; Dudka y Miller, 1999; García y Dorronsoro, 2001; Chojnacka y cols., 2005; Islam y cols., 2007; Peris y cols., 2007; Prieto y cols., 2009).

Los alimentos son el principal medio de traslocación de los metales para llegar a los seres vivos (Alloway y Jackson, 1991; Rojas y cols., 1999; Blanusa y Juresa, 2001; Milacic y Kralj, 2003; Bocio y cols., 2005; Chojnacka y cols., 2005; Islam y cols., 2007; Yang y cols., 2007; Zheng y cols., 2007; Golia y cols., 2008; Mansour y cols., 2009; Prieto y cols., 2009).

El papel nutricional así como su significado bioquímico y patológico que juegan los **metales esenciales** en los seres vivos es conocido desde la antigüedad (Alam y cols., 2003; Maiga y cols., 2005; González y cols., 2009; Turconi y cols., 2009) siendo vitales en el mantenimiento, crecimiento y desarrollo de las funciones del organismo (Grusak y DellaPenna, 1999). Los metales esenciales se clasifican atendiendo a las cantidades que son necesarias para el organismo. Así, los macronutrientes son requeridos en grandes cantidades y están presentes en mayor proporción en los tejidos de los seres vivos. Dentro de este grupo se incluyen: sodio (Na), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y fósforo (P) (Grusak y DellaPenna, 1999; Serra-Majem y Bartrina, 2006). Los oligoelementos o elementos trazas se encuentran presentes en pequeñas cantidades permitiendo el desarrollo normal y correcto de las funciones

fisiológicas (Dürüst y cols., 1997; Kroes y cols., 2002; Ferrer, 2003; Mohamed y cols., 2003; Olivares y cols., 2004; Nasreddine y cols., 2010). En este grupo se incluyen: arsénico (As), cobalto (Co), cobre (Cu), cromo (Cr), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), níquel (Ni), selenio (Se) y zinc (Zn). Sin embargo, cantidades elevadas de los mismos pueden llegar a causar efectos tóxicos en los seres vivos (Wolnik y cols., 1983a; Krelowska-Kulas, 1993; Chukwuma, 1995; Rojas y cols., 1999; Ysart y cols., 2000; Dugo y cols., 2004; Chojnacka y cols., 2005; Maiga y cols., 2005; Page y Feller, 2005; Prieto y cols., 2009; Rubio y cols., 2009; Turconi y cols., 2009) como consecuencia de una absorción excesiva o bien por una disminución en la metabolización de los mismos por antagonismos y bloqueos metabólicos (Tripathi y cols., 1997; Gupta y Gupta, 1998; Santos y cols., 2004; Westermann, 2005).

Por otra parte, los **metales no esenciales** (cadmio (Cd), plomo (Pb), mercurio (Hg), bismuto (Bi), estroncio (Sr)), que se encuentran presentes en la corteza terrestre, son altamente tóxicos (Pilgrim y Schroeder, 1997; Rubio y cols., 1999; Kroes y cols., 2002; Llobet y cols., 2003; Rubio y cols., 2004; Maiga y cols., 2005; Prieto y cols., 2009). Las fuentes de contaminación pueden ser naturales o endógenas (emisiones biogénicas, desgastes de cerros y volcanes) y antropogénicas o exógenas (residuos de incineradoras, centrales eléctricas, sistemas de calefacción, refinerías, y otros) (Chukwuma, 1995; Sapunar-Postruznik y cols., 1996; Pilgrim y Schroeder, 1997; Mench, 1998; Rojas y cols., 1999; Järup, 2003; Milacic y Kralj, 2003; Bocio y cols., 2005; Ismail y cols., 2005; Page y Feller, 2005; Gichner y cols., 2006; Peris y cols., 2007; Yang y cols., 2007; Zheng y cols., 2007; Khan y cols., 2008; Prieto y cols., 2009). Aunque algunos individuos se encuentran expuestos a estos contaminantes en el lugar de trabajo, el principal aporte de estos metales al organismo se produce a través de la ingesta de alimentos y aguas de bebida (Bosque y cols., 1990; Munshi y cols., 1995; Bahemuka y Mubofu, 1999; Ferrer, 2003; Sekara y cols., 2005; Nabulo y cols., 2006; Islam y cols., 2007; Peris y cols., 2007; Golia y cols., 2008; Turconi y cols., 2009).

Estos metales tóxicos se caracterizan porque no son biodegradables, carecen de función biológica y tienden a acumularse en el organismo de los seres vivos

generando disfunciones en el sistema biológico (Wolnik y cols., 1983b; Pilgrim y Schroeder, 1997; Rubio y cols., 1999; Queriolo y cols., 2000; Roca y cols., 2001; Rubio y cols., 2004; Liu y cols., 2005; Golia y cols., 2008; Turconi y cols., 2009; Nasreddine y cols., 2010). De acuerdo con la toxicidad, la diferenciación entre los metales depende de las propiedades químicas de éstos y su composición, además de las propiedades biológicas de los organismos en situación de riesgo (Duffus, 2002).

La necesidad de proteger a los consumidores de la toxicidad crónica de metales es motivo científico para cuantificar la concentración de contaminantes y establecer las directrices sobre las concentraciones máximas de los mismos en los tubérculos (Mench, 1998; Islam y cols., 2007).

El consumo de vegetales es vital para la salud de los individuos (New, 2003) proporcionando una importante fuente de metales esenciales al organismo (Brüggemann y Kumpulainen, 1995; Grusak y DellaPenna, 1999; Hardisson y cols., 2001; Mohamed y cols., 2003; Maiga y cols., 2005; Andre y cols., 2007; Islam y cols., 2007; Zukowska y Biziuk, 2008), estando asociado a una reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares (Grusak y DellaPenna, 1999; Rumeza y cols., 2006; Borah y cols., 2008). La ingesta de metales, suministrados por la dieta, varían en función de factores como la edad, el sexo, el estado de salud del individuo y las condiciones geográficas y climáticas (Hardisson y cols., 2001; Singh y Garg, 2006; Islam y cols., 2007).

La ingesta dietética de metales esenciales y tóxicos, a través del consumo de alimentos, es fundamental para la evaluación del riesgo de los alimentos y de la salud pública (Mondy y cols., 1984; Grusak y DellaPenna, 1999; Noël y cols., 2003; Howe y cols., 2005; Zukowska y Biziuk, 2008; Nasreddine y cols., 2010).

La evaluación del riesgo está basada en la evaluación de la probabilidad de que ocurran efectos adversos en la salud humana por exposición a peligros a través de los alimentos (Kroes y cols., 2002; Essumang y cols., 2007). En este proceso es fundamental identificar el peligro, la caracterización del peligro, la evaluación

de la exposición y la caracterización del riesgo (FAO, 1997; Speijers, 1999; Berg y Licht, 2002; Kroes y cols., 2002; Renwick, 2006; Khan y cols., 2008).

Para evaluar el riesgo para la salud de los consumidores, es determinante estimar la ingesta dietética real de metales esenciales y tóxicos y, posteriormente compararlas con las recomendaciones dietéticas y los niveles toxicológicamente aceptables, respectivamente (Brussaard y cols., 1996; Stalikas y cols., 1997; Grusak y DellaPenna, 1999; Berg y Licht, 2002; Bocio y cols., 2005; Leblanc y cols., 2005; Zukowska y Biziuk, 2008; Cuervo y cols., 2009; Turconi y cols., 2009; Nasreddine y cols., 2010; Luis y cols., 2012). Para estimar las ingestas de metales es preciso conocer la cantidad de alimento consumido y la concentración del metal en cuestión (Galal-Gorchev, 1993; Tripathi y cols., 1997; Bratakos y cols., 2002; Bocio y cols., 2005; Leblanc y cols., 2005; Zheng y cols., 2007; Khan y cols., 2008; Nasreddine y cols., 2010; Luis y cols., 2012). La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda utilizar los estudios de la Dieta Total para evaluar el consumo de los alimentos (Leblanc y cols., 2005; Muñoz y cols., 2005; Turconi y cols., 2009; Becker y cols., 2011).

La combinación de la concentración metálica en los alimentos analizados y el dato de consumo permiten determinar las ingestas de metales esenciales y tóxicos para los diferentes grupos de población establecidos por edad y sexo (Stalikas y cols., 1997; Tripathi y cols., 1997; Leblanc y cols., 2005; Liu y cols., 2005; Singh y Garg, 2006; Zukowska y Biziuk, 2008; Cuervo y cols., 2009; Turconi y cols., 2009; Zhuang y cols., 2009; Nasreddine y cols., 2010).

Las **Ingestas Diarias Recomendadas, IDRs**, (en inglés, Recommended Dietary Allowances, RDAs) se definen como los niveles de ingesta de nutrientes considerados esenciales, según el criterio de los comités nacionales e internacionales que los establecen basándose en los conocimientos científicos y que cubren las necesidades conocidas de prácticamente todas las personas sanas (97,5%). Los valores de IDRs se presentan en diferentes categorías en función de la edad, el sexo, la situación fisiológica (embarazo, lactancia, etc.) (Grusak y DellaPenna, 1999; Serra-Majem y Bartrina, 2006; Luis y cols., 2012).

La **Ingesta Diaria Admisible, IDA**, (en inglés, Acceptable Daily Intake, ADI) se define como la dosis diaria tolerable de una determinada sustancia, es decir, la cantidad que una persona puede tomar cada día durante toda la vida, sin que ello le comporte problemas para la salud. Se expresa en mg/Kg de peso corporal (Brussaard y cols., 1996; Zukowska y Biziuk, 2008).

La **Ingesta Semanal Tolerable Provisional, ISTP**, (en inglés, Provisional Tolerable Weekly Intake, PTWI) representa la exposición humana permisible a los metales tóxicos que pueden causar efectos adversos en la salud de los individuos (Zukowska y Biziuk, 2008; Luis y cols., 2012). Las ingestas tolerables de los metales tóxicos, cadmio y plomo, se expresan sobre una base semanal debido a su acumulación en el organismo durante un período de tiempo. En ningún caso, los niveles de estos metales en los alimentos supondrán un problema en la superación de las ingestas provisionales tolerables semanales (Brussaard y cols., 1996; Zukowska y Biziuk, 2008).

A continuación, se describen cada uno de los metales (esenciales y tóxicos) analizados en esta tesis.

2.4.1. SODIO

El sodio (Na) se encuentra presente en grandes cantidades en la corteza terrestre, principalmente en el océano en forma iónica. Como el resto de metales alcalinos se encuentra distribuido en la naturaleza como componente de muchos complejos aluminio-silicatos. Entre las aplicaciones que presenta este elemento cabe destacar la fabricación de células fotoeléctricas, lámparas de vapor de sodio, constituyente en diversas aleaciones y en la fabricación de aditivos para las gasolinas. Asimismo, se emplea como refrigerante en la purificación de metales fundidos y en la industria cosmética (Krebs, 2006).

La ingesta de alimentos es la principal vía de exposición. En el organismo humano, se absorbe en el intestino delgado pasando posteriormente a los riñones cuya función es regular la osmolaridad del plasma y del líquido

intersticial. El catión es filtrado en los glomérulos renales regresando nuevamente a la sangre. La absorción del sodio ocurre a través de los mecanismos de transporte activo y pasivo donde es de vital importancia la regulación de las concentraciones intra y extracelulares. Aproximadamente el 90-95% del sodio total es eliminado a través de la orina y, en menor medida, a través de las heces y el sudor (FESNAD, 2010).

Desde el punto de vista biológico el sodio, junto con el potasio y el cloruro, es uno de los elementos que mayoritariamente forma parte de los líquidos orgánicos, principalmente en el líquido extracelular, jugando un papel determinante en el metabolismo celular (contracción muscular, impulso nervioso, equilibrio ácido-base, regulación de la osmolaridad, absorción de los nutrientes a través de las células) (Moshá y cols., 2000; FESNAD, 2010).

En general, todos los alimentos contienen sodio principalmente los de origen animal como por ejemplo los embutidos, carnes, pescados y quesos. En las carnes son relevantes las desecadas ahumadas o en conservas (Subar y cols., 1998; Noël y cols., 2003). Algunos autores indican que el sodio ingerido a través de la dieta, ya sea de forma libre o combinada, la mayor parte se encuentra en forma de cloruro sódico, representando aproximadamente en un 40% en peso (Iyengar y cols., 2002; Noël y cols., 2003). Los requerimientos diarios de sodio están fijados en 1500 mg/día en adultos aunque estos valores pueden variar en función de la edad (IMO, 2001).

Entre los efectos tóxicos derivados de los altos niveles de sodio destacan la hipertensión, el edema pulmonar e incluso la muerte en caso más extremos. En caso de que los niveles de agua y sodio sean bajos pueden aparecer hipotensión, shock y muerte. Cuando la concentración de sodio en el plasma es elevada, superior a 145 meq/L, se produce la hipernatremia, debida principalmente a grandes pérdidas de agua y a la inactividad de la hormona vasopresina. Los síntomas más frecuentes son sed, poliuria, diarrea, sudoración, trastornos neurológicos (pérdida de la conciencia, coma, convulsiones). En caso contrario, debido al uso de los diuréticos se produce la hiponatremia (inferior a 135 meq/L), cuyas manifestaciones clínicas son

náuseas, vómitos, calambres musculares, alteraciones visuales, cefalea, convulsiones y coma.

2.4.2. POTASIO

El potasio (K) abunda en la corteza terrestre constituyendo un 2,4% del peso de la misma. Debido a su solubilidad, la presencia de potasio en estado elemental no es frecuente encontrándose principalmente formando complejos aluminosilicatos (feldespatos, mica y biotita). El potasio metálico se emplea fundamentalmente en la fabricación de las células fotoeléctricas mientras que sus compuestos son utilizados como fertilizantes y pirotecnia (Krebs, 2006).

La principal vía de exposición de potasio se produce a través de la ingesta de los alimentos absorbiéndose rápidamente en el intestino delgado. A continuación, dentro del riñón, el glomérulo renal se encarga de filtrar este elemento manteniendo los niveles normales en el suero. Luego, es reabsorbido en el túbulo proximal secretándose posteriormente en el distal facilitado por la hormona aldosterona. Aproximadamente un 80-90% del potasio ingerido es excretado por orina y, en menor medida, por heces. En el caso de que el organismo no produzca una sudoración excesiva unido a diarreas, la excreción de potasio se realiza por vía renal (FESNAD, 2010).

En el organismo humano, el potasio es el catión más abundante en el líquido intracelular y se encuentra involucrado en la intervención de diversos procesos metabólicos tales como el mantenimiento del equilibrio normal del agua, el equilibrio ácido-base y el equilibrio osmótico entre las células y el líquido intersticial. Asimismo, el potasio juega un papel importante en la participación de la bomba Na^+/K^+ , regulando el gradiente de concentración entre los líquidos intra y extracelulares, con la entrada de K^+ dentro de la célula y la salida de Na^+ de forma simultánea, en la contracción muscular y en la regulación de la actividad neuromuscular siendo fundamental la participación de la transmisión del impulso nervioso a través de los potenciales de acción (Mosha y cols., 2000; Westermann, 2005; FESNAD, 2010).

En general, los alimentos son una fuente importante de potasio a pesar de que los contenidos pueden variar en función del tipo de alimento. Cabe destacar que las frutas tropicales (plátanos) y de hueso (uvas, albaricoques, melocotón, cereza) y las hortalizas (papas, batatas, remolacha, coliflores, brócoli) son las principales fuentes de potasio en los alimentos (Subar y cols., 1998; Noël y cols., 2003). Asimismo, las carnes, pescados y crustáceos, cereales y productos lácteos presentan niveles importantes de este elemento (Noël y cols., 2003). La ingesta diaria recomendada para un adulto es 4700 mg/día (IMO, 2001).

Aunque los efectos tóxicos de este catión son poco frecuentes, se ha demostrado en estudios con animales que una deficiencia de potasio unido a una ingesta inadecuada de tiamina puede producir muerte. En el organismo humano, el consumo elevado de alimentos ricos en potasio puede provocar hipertensión e insuficiencia renal en pacientes clínicos con problemas renales. Los desequilibrios electrolíticos en el organismo pueden provocar hipopotasemia (hipokalemia) ó hiperpotasemia (hiperkalemia), según los niveles de potasio detectados en sangre. La hipokalemia se produce por una baja concentración de potasio sérico (inferior a 3,5 meq/L) generando debilidad muscular, fatiga, astenia, calambres, arritmias cardiacas, parálisis respiratorias y alcalosis. Sin embargo, la hiperkalemia se producen como consecuencia de altos niveles de potasio en sangre (superiores a los 6,5 meq/L) generando como sintomatología problemas musculares (parestesias, fallo respiratorio) y cardiovasculares (arritmias cardioventriculares).

2.4.3. CALCIO

El calcio (Ca) abunda en la corteza terrestre encontrándose principalmente en forma de óxidos, hidróxidos y sales. Su uso más frecuente es como fertilizante en la agricultura. Los carbonatos y sulfatos de calcio tienen importancia desde el punto de vista industrial para la fabricación de cementos, escayolas, mármol, calizas, calcitas y granitos. Asimismo, además de intervenir en la constitución de diversas aleaciones, es capaz de actuar como agente reductor en la extracción de algunos metales. Por otro lado, es utilizado como suplemento minero-vitamínico en medicamentos ó productos lácteos para reforzar su acción sobre

los huesos, evitando así el desarrollo de ciertas enfermedades como es la osteoporosis (Krebs, 2006).

La ingestión es la principal vía de exposición. Algunos estudios demuestran la absorción de Ca en el tracto gastrointestinal varía aproximadamente un 25-70% dependiendo de diversos factores (el nivel de calcio ingerido, la edad, el sexo y la ingesta de vitamina D). En el torrente sanguíneo, el calcio total se encuentra como calcio ionizado (Ca^{2+}) (46-50%), combinado con diversos ácidos orgánicos (6,5-8%) y unido a las proteínas de albúmina (30%) y globulina (20%) (Mataix y Llopis, 2002). Las principales vías de eliminación son las heces y la orina. Asimismo, las pérdidas de calcio también ocurren a través del sudor, de la piel descamada, pelos y uñas (Mataix y Llopis, 2002).

El calcio es el catión divalente más abundante en el organismo humano; aproximadamente el 99% del calcio total se localiza en el tejido óseo mientras que el porcentaje restante se encuentra distribuido en los líquidos intra y extracelulares (Cashman, 2002; Mataix y Llopis, 2002). En el organismo humano, este elemento desempeña una función estructural jugando un importante papel en el tejido óseo para la formación de huesos y dientes (Adewusi y cols., 1999; Iyengar y cols., 2002; Mataix y Llopis, 2002; Jodral-Segado y cols., 2003; Rubio y cols., 2004; Baah y cols., 2009). Asimismo, es fundamental en los líquidos extracelulares, en las estructuras intracelulares, en las membranas celulares donde desempeñan funciones fisiológicas en la conducción nerviosa, la contracción muscular, la coagulación de la sangre, la permeabilidad de la membrana y su intervención en los procesos hormonales (Moshá y cols., 2000; Westermann, 2005; Baah y cols., 2009; FESNAD, 2010).

Las fuentes dietéticas ricas en calcio son los lácteos y derivados (leche, yogur, queso, mantequilla) (Subar y cols., 1998), aunque también destacan los vegetales de hojas verdes (lechuga, brócoli, col y nabo fresco), así como las sardinas, almejas y salmón (Noël y cols., 2003). La ingesta de proteínas y de sodio al consumir alimentos incrementa los requerimientos de calcio (Andre y cols., 2007). El requerimiento dietético recomendado para un adulto es de 1000 mg/día en el caso de hombres y mujeres, respectivamente (IMO, 2001). Las

necesidades de calcio dependen de una serie de factores nutricionales y hormonales que determinan la cantidad de calcio disponible para ser absorbida en el tracto gastrointestinal (Mataix y Llopis, 2002).

El principal problema que se genera por deficiencia de los niveles de calcio en el organismo es la desmineralización ósea (raquitismo, osteoporosis y osteomalacia) (Andre y cols., 2007), diabetes, hipertensión arterial, hipercolesterolemia, cáncer de colón y recto (Jodral-Segado y cols., 2003; Orech y cols., 2007). Un exceso de calcio puede provocar hipercalcemia y litiasis renal. Una hipercalcemia en relación con la alimentación no se produce por ingestión de alimentos sino por un elevado consumo de calcio medicinal, generalmente tomado junto con sustancias alcalinas que elevan el pH de la orina facilitando la precipitación del calcio a nivel renal.

2.4.4. MAGNESIO

El magnesio (Mg) constituye aproximadamente un 2% de la corteza terrestre encontrándose principalmente en forma de óxidos y sales (dolomita, biotita, magnesita, olivino). La principal aplicación de este metal es como constituyente de aleaciones las cuales son usadas en componentes de automóviles y envases de bebidas. Además, se emplea en pirotecnia y flashes fotográficos. Diversos compuestos tales como la leche de magnesia (hidróxido de magnesio), las sales de Epsom (sulfato de magnesio) y el citrato tienen sus usos en medicina. Los óxidos de magnesio se emplean en agricultura, en diversas industrias químicas así como material refractario en hornos para la producción de acero, cristal y cemento (Krebs, 2006).

La principal vía de exposición del calcio es la dieta. Aproximadamente el 90% del magnesio ingerido se absorbe en el intestino delgado mientras que en el estómago y en el intestino grueso se absorbe el resto. Aunque su absorción es muy variable, algunos estudios ponen de manifiesto que, en condiciones normales, este elemento es capaz de absorberse en una proporción que oscila entre un 45 y 70% (Aranda y cols., 2000). Tras ser absorbido, es transportado a los diferentes órganos y tejidos del organismo donde la mayor parte del catión se encuentra localizado en el tejido óseo (60-65%) y en el músculo (27%). El

magnesio restante está presente en distintas células y en el plasma pudiéndose encontrar en forma libre (55%), acompañado (13%) o unido a diversas proteínas (32%). La eliminación de magnesio se realiza básicamente a través de la heces y de la orina (Mataix y Llopis, 2002).

Este elemento es el cuarto catión más abundante del organismo ocupando el segundo orden en importancia dentro de la célula. Asimismo, juega un papel fisiológico en la regulación del ciclo celular y en la coordinación del metabolismo. Es de vital importancia en diversos procesos metabólicos tales como la síntesis y activación de numerosas enzimas y proteínas (Jodral-Segado y cols., 2003), en la síntesis de transportadores de protones y electrones (NAD, NADP, FAD, FMN) y en la síntesis de diversos compuestos ricos en energía (Aranda y cols., 2000; Westermann, 2005), además de actuar como energizante y tranquilizante en el organismo, presentando también una función estabilizadora en las membranas plasmáticas y en las estructuras de las cadenas de ADN y ARN (Aranda y cols., 2000). También desempeña un importante papel en los sistemas cardiovasculares y sanguíneos, en el metabolismo mineral, en el crecimiento y maduración ósea y transmisión genética (Adewusi y cols., 1999; Aranda y cols., 2000; Ishida y cols., 2000; Mosha y cols., 2000; Borah y cols., 2008).

El magnesio se encuentra en altas proporciones en los alimentos. Las fuentes alimentarias con mayor cantidad de magnesio son las semillas, los frutos secos (almendras, cacahuetes, nueces y avellanas), las legumbres (soja, alubias, garbanzos, lentejas), los cereales de grano no molidos (trigo, levadura, arroz) y vegetales de hojas de color verde oscuro. El pescado, la carne, la leche y la mayor parte de las frutas no constituyen una fuente adecuada de magnesio (Aranda y cols., 2000; Mataix y Llopis, 2002; Noël y cols., 2003). Las cantidades diarias recomendadas de magnesio establecidas para un adulto son de 420 mg/día en el caso de los hombres y de 320 mg/día para las mujeres. Su biodisponibilidad puede ser modificada por una serie de factores tales como la presencia de ciertos minerales (calcio, fosfato), vitaminas (principalmente E y C) y la cantidad de proteínas procedentes de la dieta (Aranda y cols., 2000; IMO, 2001; Mataix y Llopis, 2002). Por otra parte, estas recomendaciones pueden

verse incrementadas en función de la situación fisiológica en la que se encuentre el individuo (lactancia, embarazo, etc.) o en situaciones de estrés físico ó psicológico y en pacientes hospitalizados con quemaduras (Jodral-Segado y cols., 2003).

Las intoxicaciones debidas a este elemento son poco frecuentes. Las deficiencias de magnesio en el organismo se manifiestan clínicamente por diarreas, náuseas, vómitos, anorexia, temblores, apatía y debilidad, estreñimiento, trastornos premenstruales, inestabilidad emocional, descoordinación muscular, alteraciones mentales (Aranda y cols., 2000; Mataix y Llopis, 2002; Borah y cols., 2008). Por el contrario, la hipermagnesemia se ha observado en pacientes que presentan insuficiencia renal, ya que puede desarrollarse por tratamientos con sales de magnesio ó drogas que contienen el ión en forma complejada (Mosha y cols., 2000). El cuadro clínico cursa con náuseas, vómitos, hipotensión, bradicardia, vasodilatación cutánea, alteraciones electrocardiográficas, hiporeflexia, depresión del sistema nervioso central, parálisis, depresión respiratoria, coma y paro cardiaco (Aranda y cols., 2000; Mataix y Llopis, 2002).

2.4.5. COBRE

El cobre (Cu) se encuentra presente en la corteza terrestre en diferentes estados de oxidación (Cu^{1+} , Cu^{2+} , Cu^{3+}) originando una gran variedad de compuestos inorgánicos (óxidos, sales cuprosas y cúpricas). Su uso principal radica en la industria eléctrica, aunque también es usado en fontanería y en la fabricación de equipos de calefacción. Es un constituyente en la fabricación de aleaciones. Asimismo, las sales de cobre presentan aplicaciones farmacéuticas y agrícolas empleándose como fungicidas o fertilizantes principalmente en el cultivo de la papa (Krebs, 2006).

Aproximadamente un 30% del cobre ingerido es absorbido en el tracto gastrointestinal principalmente en el estómago y el duodeno (Czajka-Narins, 1995; Biego y cols., 1998; Mataix y Llopis, 2002). El cobre absorbido es captado por el hígado, convirtiéndose en ceruloplasmina. Ésta es liberada a la sangre

actuando como molécula transportadora de cobre desde el hígado al resto de los tejidos del organismo donde se lleva a cabo la síntesis de las distintas enzimas (superóxido dismutasa, citocromo C oxidasa y lisil oxidasa) (Ukhun y cols., 1990; Mosha y cols., 2000; Onianwa y cols., 2001; Mataix y Llopis, 2002; Ferreira y cols., 2005; Maiga y cols., 2005; Westermann, 2005; Özden, 2010). Su distribución en el organismo es dependiente de la edad, del estado fisiológico y de la dieta del individuo. Las concentraciones más altas de cobre se encuentran en el hígado (15%), en el cerebro (10,5%), en el corazón, riñón, pelo y músculo (38-40%). Sin embargo, los tejidos glandulares (tiroides, pituitaria y próstata) alcanzan los niveles más bajos (Mataix y Llopis, 2002). El cobre se elimina principalmente por vía biliar y, en menor medida, a través de las heces, descamaciones intestinales y orina (Mataix y Llopis, 2002).

Entre los procesos biológicos más importantes cabe destacar la intervención del cobre en el metabolismo del hierro, la formación de elastina, colágeno y queratina, la síntesis de hemoglobina y catecolaminas, procesos detoxificadores y del metabolismo oxidativo (Rubio y cols., 2004b; Rubio y cols., 2009).

El cobre está ampliamente distribuido entre los alimentos en proporciones muy variables. Las principales fuentes dietéticas que contribuyen a la ingesta de cobre son las vísceras (principalmente hígado), los pescados y mariscos, los cereales integrales, los frutos secos y los vegetales verdes (Mataix y Llopis, 2002; Noël y cols., 2003). La ingesta recomendada para un adulto es de 900 µg/día (IMO, 2001; Özden, 2010). La biodisponibilidad de este elemento en la dieta es elevada, aunque existen factores dietéticos que son capaces de modificarla (la fibra, la fructosa, algunos metales como Zn y Cd).

Las intoxicaciones por cobre son debidas a la exposición a sales de cobre producidas en la industria textil, en diversos procesos industriales y agrícolas, cerámicas y a través de la ingesta de alimentos y bebidas (Onianwa y cols., 2001). Un déficit de cobre puede producir desmineralización ósea, despigmentación y alteraciones gastrointestinales. Por el contrario, elevadas ingestas de cobre origina alteraciones pulmonares, respiratorias, desordenes neurológicos, dermatitis y conjuntivitis (Onianwa y cols., 2001; Maiga y cols.,

2005). Asimismo, el individuo puede verse afectado por intensos dolores de cabeza, depresión, caída del pelo, hipoglucemia, náuseas, daños hepáticos y renales (Aman y cols., 2007). Numerosos estudios han demostrado que la acumulación de cobre en los diferentes tejidos de los individuos pueden causar algunos síntomas de la enfermedad de Wilson (Mataix y Llopis, 2002; Özden, 2010).

2.4.6. HIERRO

El hierro (Fe) está presente en cantidades variables en la corteza terrestre principalmente en forma de divalente (Fe^{2+}) y trivalente (Fe^{3+}). Su uso más común radica en la fabricación de utensilios y equipos de procesados. Algunas sales de hierro son usadas como mordientes en la tintura y grabado textil, fotograbado y pigmentos. El óxido de hierro se emplea en el abrillantado y pulido de vidrio, en imanes y cintas magnéticas mientras que el hidróxido férrico interviene en los sistemas de purificación de aguas (Krebs, 2006).

La ingestión es la principal vía de exposición. Aproximadamente un 60-85% del hierro total se encuentra en forma de hierro no hemo (formando parte de enzimas que intervienen en el transporte y almacenamiento de hierro en el organismo) principalmente como sales de hierro, y su absorción depende de la solubilidad de dicha sal en el intestino delgado (Ukhun y cols., 1990). La absorción del hierro no hemo se ve favorecida por el ácido ascórbico, los ácidos orgánicos, el alcohol y las proteínas de origen animal mientras que la fibra, los taninos, los fitatos, las sales de fósforo y minerales como el calcio ejercen un efecto inhibitor en dicha absorción (Mataix y Llopis, 2002; Umata y cols., 2005; Burgos y cols., 2007; Hirschi, 2009). En el duodeno y yeyuno, las células epiteliales liberan transferrina (proteína fijadora de Fe) fijándose a dos iones de hierro. El complejo transferrina-hierro es captado nuevamente por endocitosis a nivel intestinal. Tras liberar el hierro en la célula epitelial, la mayor parte de la transferrina se segrega a hacia la luz intestinal. Finalmente el hierro se encuentra presente en el plasma fijado a la transferrina plasmática (Rubio y cols., 2004c). Es excretado principalmente a través de las descamaciones de la

piel y por las pérdidas de sangre en la orina y las heces (hematuria y hematógnesis) (Mataix y Llopis, 2002).

El hierro es esencial en la síntesis de hemoglobina, mioglobina (Dürüst y cols., 1997) y de numerosas enzimas las cuales participan en diferentes procesos metabólicos como la respiración celular (Westermann, 2005). Es de vital importancia para el sistema inmune del organismo evitando posibles infecciones del mismo (Mosha y cols., 2000) e interviene en la síntesis y función de neurotransmisores (Rubio y cols., 2004c; Maiga y cols., 2005; Borah y cols., 2008).

Las fuentes más importantes de Fe son los alimentos de origen animal, los cereales, las frutas y los vegetales (Dürüst y cols., 1997; Noël y cols., 2003). Los requerimientos diarios de hierro pueden variar dependiendo de numerosos factores (edad, sexo, estado fisiológico, composición de la dieta) (Andre y cols., 2007). Así, la ingesta recomendada establecida para un adulto es 8 mg/día en el caso de los hombres y 18 mg/día para mujeres (IMO, 2001).

La deficiencia de hierro se manifiesta clínicamente con anemia, retraso en el crecimiento, escasa resistencia frente a infecciones, alteraciones neuronales y problemas durante el embarazo (Adewusi y cols., 1999; Welch, 2002; Olivares y cols., 2004; Maiga y cols., 2005; Umeta y cols., 2005; Burgos y cols., 2007; Orech y cols., 2007). Algunos autores indican que bajos niveles séricos en el individuo puede provocar un incremento en la absorción gastrointestinal de cadmio e incrementar la susceptibilidad a la intoxicación por plomo (Alberti-Fidanza y cols., 2003; Rubio y cols., 2005; Hirschi, 2009). Aunque las intoxicaciones agudas por hierro son poco frecuentes, cuando se presentan sus síntomas son diarreas sanguinolentas, náuseas, vómitos, acidosis y colapso cardiovascular. Por el contrario, las intoxicaciones crónicas se deben a casos de hemocromatosis. La hemocromatosis genética se caracteriza por una elevada absorción de hierro en el tracto gastrointestinal mientras que la hemocromatosis adquirida se presenta como consecuencia del padecimiento de determinadas enfermedades que requieren frecuentes transfusiones ó elevados aportes de hierro (Mataix y Llopis, 2002).

2.4.7. MANGANESO

El manganeso (Mn) está presente en la naturaleza representando un 0,09% de la corteza terrestre y se encuentra en proporciones variables en forma de óxidos, hidróxidos y sales. El principal uso de este oligoelemento está en la industria del acero y es empleado en el desarrollo de los semiconductores. Además, está presente en diversas aleaciones en combinación con otros metales. Sus compuestos son utilizados en la industria del vidrio y de la cerámica, obtención de pinturas, antidetonantes de gasolinas y despolizadores de pilas secas (Krebs, 2006).

La principal vía de exposición de manganeso se presenta a través de la ingestión vía oral produciéndose su absorción en el intestino delgado. Aproximadamente un 3-4% del manganeso que proviene de la dieta es absorbido mediante dos mecanismos: difusión no saturable y transporte activo (Biego y cols., 1998; Cameán y cols., 1998). Su absorción se encuentra afectada por diversos factores dietéticos (concentración del elemento, forma química, estado de oxidación, composición del alimento, interacción con otros nutrientes) y fisiológicos (estado nutricional del individuo, mecanismos homeostáticos, edad, sexo) (Velasco-Ryenold y cols., 2008). Tras ser absorbido, pasa al torrente sanguíneo y alcanza los diferentes órganos y tejidos del organismo por difusión pasiva. El hígado es capaz de captar el manganeso repartiéndolo entre las mitocondrias, los lisosomas y los núcleos celulares de diferentes órganos (cerebro, pulmón, páncreas, huesos y glándulas mamarias). Una fracción de manganeso que se encuentra libre en el plasma se oxida a Mn^{3+} uniéndose a la transferrina (Rubio y cols., 2004b). Se excreta por las heces, la bilis y, en menor proporción, a través del sudor (Mataix y Llopis, 2002).

En lo relativo a su función biológica, el manganeso presenta una gran actividad bioquímica como oligoelemento en el metabolismo de glúcidos (Biego y cols., 1998) y ácidos grasos, en la síntesis de la arginasa y coenzima A (Westermann, 2005) y como constituyente de diversas metaloenzimas como la superóxidodismutasa (Ukhun y cols., 1990; Mataix y Llopis, 2002; Maiga y cols., 2005; Velasco-Ryenold y cols., 2008; Özden, 2010).

Debido a su amplia distribución, se encuentran concentraciones de manganeso en casi todos los alimentos. Estas concentraciones varían según las maniobras de producción, transformación y comercialización. Los cereales integrales, las leguminosas secas, los frutos secos (principalmente nueces, avellanas y almendras) y el té, son los alimentos que presentan mayores contenidos. Los vegetales de hojas verdes y las frutas presentan una concentración más baja, así como los alimentos de origen animal (Noël y cols., 2003). Las necesidades de manganeso varían en función de la dieta y del estado fisiológico del individuo. Los requerimientos medios diarios en un varón adulto son de 2,3 mg/día mientras que en el caso de una mujer adulta es de 1,8 mg/día (IMO, 2001).

Dado que la absorción gastrointestinal en el organismo es limitada, los efectos tóxicos que pueden ocasionar la ingestión de este elemento a través de los alimentos son poco frecuentes. Las principales manifestaciones clínicas debidas a una deficiencia de manganeso son alteración del metabolismo de los hidratos de carbono y ácidos grasos, anomalías esqueléticas, osteoporosis, retraso en el crecimiento, alteraciones en el aparato reproductor, ataxia, epilepsia y dificultad en la cicatrización de heridas (Maiga y cols., 2005; Velasco-Ryenold y cols., 2008). Las intoxicaciones por este metal ocurren principalmente por la inhalación de compuestos del mismo como consecuencia de las exposiciones industriales (Ukhun y cols., 1990). Los síntomas que se manifiestan son neumonías, bronquitis, alteraciones neurológicas, dolores de cabeza, disfunciones en el aparato reproductor y del sistema inmune (Velasco-Ryenold y cols., 2008).

2.4.8. ZINC

En la corteza terrestre, el zinc (Zn) se encuentra ampliamente distribuido formando compuestos inorgánicos (óxidos, sales). Es utilizado primordialmente en la industria eléctrica y constituye un componente habitual en la fabricación de aleaciones con otros elementos como por ejemplo níquel, aluminio o bronce. Los compuestos derivados del zinc se emplean en cosmética, productos parafarmacéuticos, pinturas, baterías (Krebs, 2006).

La vía oral, a través de la ingesta de alimentos, es la vía de exposición del zinc. Aproximadamente un 10-30% del zinc procedente de la dieta es absorbido en el intestino delgado, concretamente en el yeyuno e ileón (Biego y cols., 1998; Rubio y cols., 2004b). Su absorción es favorecida por los azúcares (principalmente glucosa y lactosa) y las proteínas de la dieta mientras que la fibra (Englberger y cols., 2008), los fitatos y minerales como calcio, cobre y cadmio inhiben la misma (Adeyeye y cols., 2000; Umeta y cols., 2005; Andre y cols., 2007; Burgos y cols., 2007). Tras su absorción, su destino es el hígado, distribuyéndose desde aquí principalmente a los tejidos musculares y óseos del organismo y, en menor proporción, a la piel, el páncreas, la retina y las células hemáticas (Rubio y cols., 2004b). Cabe destacar que un 70% del zinc plasmático se encuentra unido a la albúmina mientras que el porcentaje restante está ligado a la α -2macroglobulina, la transferrina y a aminoácidos (principalmente cisteína e histidina). No se acumula en el organismo, siendo excretado con relativa facilidad a través de las heces, de las secreciones pancreáticas e intestinales y de la orina. El sudor, las descamaciones de la piel y el crecimiento del pelo favorecen la eliminación de este metal (Rubio y cols., 2004b).

Desde el punto de vista biológico, este oligoelemento actúa como cofactor enzimático interviniendo en una multitud de procesos bioquímicos necesarios para el desarrollo de la vida (Ukhun y cols., 1990; Vallee y Falchuk, 1993; Dürüst y cols., 1997; Biego y cols., 1998; Rojas y cols., 1999; Terrés y cols., 2001; Alam y cols., 2003; Maiga y cols., 2005; Scherz y Kirchhoff, 2006). Entre los procesos más destacables cabe citar la respiración celular, la reproducción de ADN como ARN, el mantenimiento de la membrana celular y eliminación de radicales libres (Adewusi y cols., 1999; Rojas y cols., 1999; Mosha y cols., 2000; Rubio y cols., 2004b; Maiga y cols., 2005; Ulman y cols., 2005).

El zinc se encuentra distribuido en alimentos y bebidas en proporciones variables. Son los productos marinos, especialmente crustáceos y ostras, los alimentos más ricos en zinc, seguido de carnes rojas, derivados lácteos y huevos, y los cereales integrales (Noël y cols., 2003). Asimismo, este elemento se encuentra presente en menor proporción en los vegetales, los frutos secos y

las legumbres (Gutiérrez y cols., 2008). En los alimentos, el zinc se encuentra asociado particularmente a proteínas y ácidos nucleicos, lo que va a condicionar especialmente su biodisponibilidad. Las ingestas medias diarias para un adulto están establecidas en 11 mg/día para un varón y de 8 mg/día para las mujeres (IMO, 2001).

Algunos estudios reflejan que los efectos tóxicos asociados al zinc se manifiestan en función del compuesto que se trate, de la especie biológica, de la vía de administración y la disponibilidad de ligandos biológicos del metal (Maiga y cols., 2005). Las intoxicaciones más frecuentes son debidas a la inhalación de humos o polvos de compuestos de zinc en diversos procesos industriales. Una deficiencia de este elemento en el organismo humano, debida a una dieta pobre de zinc (Umeta y cols., 2005), una absorción incorrecta o por alcoholismo (Adeyeye y cols., 2000; Onianwa y cols., 2001) puede provocar retraso en el crecimiento, anemia (Biego y cols., 1998; Lowe, 2005; Umeta y cols., 2005; Orech y cols., 2007), interferencias de las funciones cerebrales, disminución de las defensas inmunológicas (Umeta y cols., 2005), lesiones en la piel y en los ojos (Maiga y cols., 2005; Orech y cols., 2007; Brown, 2008), riesgo de cáncer de esófago, entre otros (Rojas y cols., 1999; Welch, 2002; Andre y cols., 2007). Por el contrario, las manifestaciones clínicas más comunes debidas a una ingesta elevada de este elemento son diarreas, vómitos, dolor abdominal, dolor de cabeza y, en los casos más graves, puede producirse macrocitosis, lesiones pancreáticas, trastorno de la respuesta inmune, disminución de los niveles de cobre en el hígado y el riñón, disminución de los niveles de colesterol HDL y aumento del colesterol LDL (Salgueiro y cols., 2000; Scherz y Kirchhoff, 2006; Islam y cols., 2007).

2.4.9. CROMO

En la corteza terrestre, el cromo (Cr) no se encuentra libre sino en forma de compuestos (cromita) presentándose en distintos estados de oxidación (Cr^0 , Cr^{3+} , Cr^{6+}). Los estados de oxidación más abundantes en la naturaleza son Cr^{3+} y Cr^{6+} . Este elemento se emplea principalmente en la industria metalúrgica siendo un componente esencial en la fabricación de aceros inoxidables y otras

aleaciones (Lendinez y cols., 2001; Krebs, 2006). Asimismo, es utilizado como material refractario en la fabricación de los hornos industriales (Krebs, 2006). En la industria química, diversos compuestos de cromo presentan aplicación en la fabricación de colorantes y pigmentos, cutidos de pieles, tratamiento de las maderas, tratamiento de aguas, materiales fotográficos y cintas magnéticas (González-Weller y cols., 2004; Prieto y cols., 2009).

Las principales fuentes de exposición al cromo son el aire, el agua de bebida y los alimentos, por lo que este metal puede entrar en el organismo de los seres vivos mediante inhalación, ingestión y, en menor medida, a través de la piel. Su absorción ocurre en el tracto gastrointestinal del organismo donde la velocidad de absorción puede variar dependiendo del compuesto (Stoecker, 1999), la solubilidad del mismo y el tiempo de permanencia en el tracto. La presencia de almidón, ácido ascórbico, aminoácidos y oxalato favorecen la absorción de cromo mientras que los fitatos y ciertos minerales (Fe, Mn, Ca y Ti) la inhiben (Mataix y Llopis, 2002; Rubio y cols., 2004b). Tras ser absorbido, pasa al torrente sanguíneo distribuyéndose a los diferentes órganos y tejidos. En los eritrocitos, la forma hexavalente de cromo se transforma en trivalente, siendo la forma más abundante en los diferentes tejidos biológicos de los seres vivos (González-Weller y cols., 2004). La forma de cromo trivalente no es capaz de atravesar las membranas celulares por lo que su unión a la transferrina forma un complejo proteínico del cromo trivalente depositándose en la médula ósea, ganglios linfáticos, bazo, hígado y riñones (Rubio y cols., 2004b). Su excreción se produce principalmente por orina, heces y, en menor medida, a través de la bilis, el cabello, las uñas, el sudor y la leche materna (Czajka-Narins, 1995; Stoecker, 1999; González-Weller y cols., 2004).

Desde el punto de vista biológico, es un elemento esencial en el metabolismo de los hidratos de carbono, siendo capaz de potenciar la insulina (Hou y cols., 1997; Nielsen, 2000; Lendinez y cols., 2001; Bratakos y col., 2002; Alberti-Fidanza y cols., 2003), ácidos grasos (Bratakos y cols., 2002) y ácidos nucleicos (Maiga y cols., 2005). Asimismo, el cromo está involucrado en la regulación de la expresión de los genes (González-Weller y cols., 2004).

El cromo está presente en diversos alimentos por lo que es poco frecuente que existan deficiencias debidas a este elemento en un individuo. La mayor parte del cromo presente en los alimentos está en forma trivalente (Stoecker, 1999; Ysart y cols., 2000; Lendinez y cols., 2001). Los principales alimentos que contribuyen a la ingesta de cromo son especias, levadura, yema de huevo, carne de ave, bebidas, productos lácteos y cereales (Lendinez y cols., 2001; Noël y cols., 2003). Las recomendaciones dietéticas de cromo para un adulto son 35 µg/día en el caso de hombres y 25 µg/día en mujeres (IMO, 2001).

Los efectos tóxicos que puede originar el cromo en la salud de los individuos varían en función de su estado de oxidación y de la solubilidad del compuesto que se trate. Desde el punto de vista toxicológico, las formas más importantes son Cr^{3+} y Cr^{6+} siendo ésta última la que presenta mayor toxicidad (Lendinez y cols., 2001; Santos y cols., 2004; Turconi y cols., 2009). Los síntomas más frecuentes debido a una deficiencia de este elemento son intolerancia a la glucosa, glucosuria, hipercolesterolemia (Nielsen, 2000; Alberti-Fidanza y cols., 2003), pérdida de peso, trastornos de la fertilidad, disfunción del sistema nervioso, y otros (Maiga y cols., 2005). Asimismo, es capaz de afectar a la replicación del ADN inhibiendo las enzimas involucradas en la síntesis de los nucleótidos (Rojas y cols., 1999). Por el contrario, un exceso de este elemento puede provocar lagrimeo, conjuntivitis, enrojecimiento de la piel, alteración gastrointestinal, úlcera de la mucosa nasal, bronquitis, fibrosis pulmonar, necrosis hepática y renal, cáncer de pulmón, y otros (Alberti-Fidanza y cols., 2003; González-Weller y cols., 2004; Prieto y cols., 2009). El cromo hexavalente, capaz de irritar la piel y las membranas mucosales, ha sido reconocido por diversos organismos internacionales como un carcinógeno pulmonar (Rojas y cols., 1999; Stoecker, 1999; Maiga y cols., 2005). Estudios epidemiológicos han demostrado que los trabajadores que trabajan en las industrias productoras de cromo presentan una alta predisposición a sufrir cáncer de pulmón si lo comparamos con la incidencia en la población general no expuesta (Rojas y cols., 1999; Stoecker, 1999; Mataix y Llopis, 2002).

2.4.10. NÍQUEL

El níquel (Ni) se encuentra presente en la naturaleza constituyendo aproximadamente un 0,008% en peso de la corteza terrestre y 0,01% en las rocas ígneas, como consecuencia de diversas fuentes antropogénicas (Rojas y cols., 1999; Chen y cols., 2009). Además está presente como consecuencia de las actividades de procesado de los alimentos (secado, cocción, enlatado) (Larsen y cols., 2002). Este elemento puede encontrarse en distintos estados de oxidación (Ni, Ni¹⁺, Ni³⁺, Ni⁴⁺) formando una amplia variedad de compuestos y minerales (Chen y cols., 2009). La aplicación más común del níquel es la fabricación de aceros inoxidables y aleaciones resistentes a la corrosión. Asimismo, es utilizado en la fabricación de baterías recargables, catalizadores de hidrogenación, motores, equipos de pasteurización, acuñación de monedas, y otros (Ukhun y cols., 1990; Krebs, 2006; Chen y cols., 2009).

El níquel, en pequeñas cantidades, es esencial no sólo para los animales sino también para el ser humano (Rojas y cols., 1999) llegando al organismo de los seres vivos a través de diferentes vías de exposición (oral, respiratoria y dérmica) dependiendo del tipo de compuesto que se trate, la fracción absorbida y los efectos tóxicos que puedan producirse. Aproximadamente un 3% del níquel ingerido es absorbido en el tracto gastrointestinal (Biego y cols., 1998) siendo la absorción favorecida por una deficiencia de hierro (Barceloux, 1999). El níquel, unido principalmente a la albúmina y en menor proporción a una α_2 -macroglobulina (denominada niqueloplasmina), es transportado a través del torrente sanguíneo distribuyéndose a los diversos tejidos del organismo (Onianwa y cols., 2000). Su acumulación depende de la edad, el sexo, el lugar de residencia y la exposición ocupacional del individuo. La principal vía de eliminación del níquel es a través de las heces y, en menor medida, por orina. Asimismo, puede ser excretado mediante el sudor y la saliva (Barceloux, 1999).

Las principales funciones que desempeña el níquel en el organismo humano son mantener la presión arterial en condiciones normales, mejorar y aumentar la acción de la insulina, regular los niveles de lípidos y adrenalina (Maiga y cols., 2005). Su presencia es esencial en la asimilación correcta del calcio (Maiga y

cols., 2005). Asimismo, forma parte de algunas enzimas (ureasa) e interviene en la activación de otras enzimas (carboxilasa, tripsina, acetil coenzima A) (Rojas y cols., 1999; Onianwa y cols., 2000; Maiga y cols., 2005; Westermann, 2005; Chen y cols., 2009).

Las grasas y el chocolate son los alimentos más ricos en níquel. Asimismo, este elemento se encuentra presente en menor proporción en las legumbres (judías y guisantes), los vegetales (tomates, cebollas, espárragos, espinacas), yema de huevo, los pescados y crustáceos (principalmente arenques y ostras) (Noël y cols., 2003; González y cols., 2009). Hasta el momento, la esencialidad del níquel no ha sido demostrada y, por lo tanto no se ha establecido una ingesta recomendada (Fernández y cols., 2007). Sin embargo, dado que existen evidencias de la acción tóxica que puede causar este elemento, la OMS ha establecido una ingesta diaria admisible (IDA) de 5 µg/Kg/día (WHO, 1996; Fernández, 2007).

De manera análoga que el cromo, los efectos tóxicos producidos en el organismo por la ingesta de níquel a través de la dieta son escasos (González y cols., 2009). Una deficiencia de níquel puede desencadenar diversos trastornos (alteraciones en la tensión arterial, ataques cardíacos, intolerancia a la glucosa, dificultad para absorber correctamente el calcio). Existen evidencias que indican que una exposición crónica del mismo puede ocasionar dermatitis y lesiones en el ADN en los seres vivos (Rojas y cols., 1999; Maiga y cols., 2005). Las intoxicaciones asociadas a las exposiciones prolongadas de polvo procedente de las industrias destinadas al refinado de níquel o del sulfuro de níquel (ambos compuestos clasificados como carcinógenos de grupo A y B, respectivamente) pueden llegar a originar mareos, fallos respiratorios, asma, bronquitis crónica y diversos cánceres (pulmón, nasal, laringe, próstata) en los seres vivos (Rojas y cols., 1999; Nielsen, 2000; Onianwa y cols., 2000; González y cols., 2009).

2.4.11. CADMIO

El cadmio (Cd) se encuentra distribuido de forma natural en la corteza terrestre en concentraciones relativamente bajas y cuya presencia se debe

principalmente fuentes antropogénicas (combustión de carburantes y carbón, incineración de los residuos sólidos municipales, fundiciones, fertilizantes, aplicaciones de fangos procedentes de las estaciones depuradoras, humo del tabaco, y otros) (Alegría y cols., 1990a; Alegría y cols., 1990b; Bosque y cols., 1990; Galal-Gorchev, 1993; Rahlenbeck y cols., 1999, Roca y cols., 2001; Rodríguez y cols., 2001; De Meeûs y cols., 2002; Dunbar y cols., 2003; Järup, 2003; Rubio y cols., 2004a; Rubio y cols., 2006; Hellström y cols., 2007; Zukowska y Biziuk, 2008). Entre las aplicaciones que presenta el cadmio destacan la fabricación de baterías, pinturas, plásticos y recubrimientos (Elinder y Järup, 1996; Jinadasa y cols., 1997; Rodríguez y cols., 2001; Järup, 2003; Nabulo y cols., 2006; Zukowska y Biziuk, 2008; Prieto y cols., 2009).

Las principales fuentes de exposición de este metal son la inhalación de humo y de finas partículas, a través de las vías respiratorias, y la ingesta de alimentos (Elinder y Järup, 1996; De Meeûs y cols., 2002; Järup, 2003; Hellström y cols., 2007; Zukowska y Biziuk, 2008; Prieto y cols., 2009). Aproximadamente un 4-7% del cadmio total ingerido es absorbido en el tracto gastrointestinal pudiendo variar en función de la variación de las tasas de absorción y factores dietéticos como por ejemplo calcio, hierro o zinc (De Meeûs y cols., 2002; Järup, 2003; Hellström y cols., 2007; Zukowska y Biziuk, 2008). Los estudios realizados por Berglund y cols. (1994) reflejan que la ingesta de fibra puede inhibir la absorción de este metal. El 90% del cadmio absorbido se acumula en el hígado y en la corteza renal pudiéndose encontrar pequeñas cantidades de este metal en el páncreas, los pulmones, los testículos y las glándulas salivares (Rubio y cols., 2004a). En el hígado, se fija a las metalotioneínas (sintetizadas en dicho órgano) formándose el complejo metalotioneína-cadmio. Aunque la liberación al torrente sanguíneo del complejo es lenta, éste llega a ser filtrado por el glomérulo renal siendo reabsorbido posteriormente por las células que constituyen el túbulo proximal provocando finalmente la liberación del metal al citoplasma (Rojas y cols., 1999). Su eliminación en el organismo es muy lenta produciéndose principalmente por las heces y, en menor medida, a través de la orina (Hellström y cols., 2007).

A pesar de que el cadmio es un elemento tóxico, se encuentra presente en muchos alimentos en bajas concentraciones. En general, los vegetales (principalmente las papas), los cereales y el pescado son los grupos de alimentos que más contribuyen a la ingesta de cadmio (Galal-Gorchev, 1993; Peterson, 1995; Blanusa y Juresa, 2001; Rodríguez y cols., 2001; De Meeûs y cols., 2002; Noël y cols., 2003). En particular, en los alimentos de origen vegetal, los niveles de cadmio pueden variar en función de la especie y de las distintas partes anatómicas del vegetal (Jinadasa y cols., 1997; Rodríguez y cols., 2001). La ingesta semanal tolerable provisional (ISTP) establecida por la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) es 5,8 µg/Kg (EFSA, 2011). Las manifestaciones clínicas producidas como consecuencia de la toxicidad de este elemento están asociadas con una etiología que engloba una serie de enfermedades principalmente cardiovasculares y renales (Ysart y cols., 1999; Ysart y cols., 2000; De Meeûs y cols., 2002; Järup, 2003; Prieto y cols., 2009; Turconi y cols., 2009). Según Mench (1998), la ingesta de grandes cantidades de cadmio a largo plazo puede conducir a una acumulación del mismo en los riñones provocando hipertensión, daños gastrointestinales (náuseas y vómitos), pulmonares (tos, respiración entrecortada, irritación del sistema respiratorio, edemas, proliferación celular y fibrosis) y óseos (dolores, fracturas, osteomalacia y osteoporosis) (Elinder y Järup, 1996; Järup, 2003), desórdenes neurológicos (Maiga y cols., 2005) y alteraciones en el aparato reproductor (carcinogénesis, mutagénesis y teratogénesis) (López-Artiguez y Repetto, 1995; Onianwa y cols., 2000; Rubio y cols., 2004a; Zukowska y Biziuk, 2008; Zhuang y cols., 2009). La Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer, IARC, ha clasificado los compuestos de cadmio como cancerígenos pertenecientes al grupo 2A (Larsen y cols., 2002; Järup, 2003).

2.4.12. PLOMO

La presencia de plomo (Pb) en la corteza terrestre no solo es debida a la extracción de minerales de plomo del suelo empleando el calor en los afloramientos naturales sino por diversas actividades antropogénicas (fundición de minerales, gases contaminantes urbanos, deposición de residuos sólidos urbanos, combustión incompleta de carburantes, entre otros) (Bosque y cols.,

1990; Baxter y cols., 1992; Rubio y cols., 1999; Rodríguez y cols., 2001; Ferrer, 2003; Järup, 2003; Nabulo y cols., 2006; Zukowska y Biziuk, 2008). Asimismo, los suplementos de calcio, las cerámicas y los vidriados fabricados con este metal son fuentes adicionales (Rojas y cols., 1999; Järup, 2003). El plomo se emplea principalmente en la fabricación de baterías, conducciones, aditivos para pinturas, antidetonantes para la gasolina, municiones militares y fertilizantes (Rahlenbeck y cols., 1999; Rubio y cols., 1999; Rodríguez y cols., 2001; Ferrer, 2003; Järup, 2003; Zukowska y Biziuk, 2008).

El plomo es capaz de penetrar en el organismo humano por vía oral, inhalatoria y dérmica siendo ésta última de escasa entidad (Rodríguez y cols., 2001; Ferrer, 2003; Järup, 2003). La absorción en el tracto gastrointestinal en un adulto es aproximadamente el 20-30% mientras que en los niños se incrementa hasta el 50% (Ferrer, 2003; Järup, 2003) dependiendo de la solubilidad del compuesto que se trate y del tamaño de las partículas (Baxter y cols., 1992). Por vía respiratoria, el plomo es absorbido en forma de humos o partículas finas fagocitadas por los macrófagos alveolares (Ferrer, 2003).

El plomo absorbido llega al torrente sanguíneo y es distribuido a los distintos órganos (Roca y cols., 2001) alcanzándose las concentraciones mayores en los huesos, dientes, hígado, pulmones, riñones y bazo (Rodríguez y cols., 2001; Ferrer, 2003; Järup, 2003). Además, es capaz de atravesar la placenta y la barrera hematoencefálica llegándose a concentrar en la sustancia gris de la misma (Rodríguez y cols., 2001; Ferrer, 2003). Por otro lado, inhibe la síntesis de la hemoglobina reduciendo de este modo la vida media de los eritrocitos (Järup, 2003). Se excreta fundamentalmente por orina y, en menor medida, por heces y saliva (Ferrer, 2003; Järup, 2003).

Este metal es considerado un importante contaminante debido a su potencial de acumulación y persistencia. Aunque en pequeñas cantidades, las fuentes más importantes de plomo son las bebidas alcohólicas, los cereales, los despojos cárnico, los pescados y las frutas y verduras (Galal-Gorchev, 1993; Rojas y cols., 1999; Rodríguez y cols., 2001; Noël y cols., 2003; Zukowska y Biziuk, 2008). La ingesta semanal tolerable provisional (ISTP) establecida por la FAO

es 25 µg/Kg referido a una persona de 60 Kg de peso (FAO, 1993; FAO, 1999; EFSA, 2010).

En general, la población infantil y los niños son más vulnerables a la exposición por plomo debido a las diferencias metabólicas y de comportamiento (Galal-Gorchev, 1993; Järup, 2003). Pueden existir dos tipos de intoxicación: efectos tóxicos agudos y crónicos. Los efectos tóxicos más frecuentes producidos por una intoxicación aguda por plomo son insuficiencia renal, cuadro clínico gastrointestinal y hemólisis (Ferrer, 2003; Järup, 2003; Rubio y cols., 2005). El plomo es capaz de afectar al sistema nervioso (Nabulo y cols., 2006), renal (Järup, 2003; Lucho-Constantino y cols., 2005) y reproductivo (Järup, 2003; Rubio y cols., 2005) así como a la producción de las células sanguíneas (Järup, 2003). El daño del sistema nervioso central (SNC) puede producir deterioro mental y conducta agresiva (Ysart y cols., 2000; Larsen y cols., 2002; Alam y cols., 2003; Järup, 2003; Maiga y cols., 2005; Islam y cols., 2007; Zukowska y Biziuk, 2008) mientras que la alteración del sistema nervioso periférico (SNP) puede producir parálisis en los músculos de las extremidades (Islam y cols., 2007).

La intoxicación crónica por plomo o saturnismo presenta una sintomatología muy variada que refleja su acción en los diferentes órganos (cefalea, astenia, insomnio, irritabilidad, pérdida de la libido, ataxia, coma y convulsiones). En el SNC puede producirse encefalopatía subaguda y crónica con afectación cognitiva (Lucho-Constantino y cols., 2005; Zukowska y Biziuk, 2008) mientras que en el SNP se produce polineuropatía periférica principalmente en las extremidades superiores y en el lado dominante. También es afectado el tracto gastrointestinal, con anorexia, estreñimiento y, en su fase más crítica “*cólico del plomo*” o “*cólico saturnino*”, es decir, calambres abdominales intensos acompañados de náuseas y vómitos. A nivel renal, es capaz de acumularse en las células tubulares proximales produciendo insuficiencia renal, hipertensión arterial y gota. Algunos estudios demuestran la incidencia de alteraciones en el sistema endocrino y reproductor (abortos, anomalías congénitas, prematuridad), además de cardiotoxicidad (Ferrer, 2003).

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Dentro de este capítulo recogemos y describimos, en términos generales, el método empleado en la determinación de la concentración metálica de los tubérculos en estudio que recoge esta memoria. Esta descripción se realiza con objeto de mejorar la comprensión de los resultados obtenidos.

3.1.ÁREA DE ESTUDIO Y SELECCIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

La isla de Tenerife está situada en el centro del Archipiélago Canario, perteneciente a España, frente a la costa noroeste de África, entre las coordenadas 27º 37´ y 29º 25´ de latitud norte y 13º 20´ y 18º 10´ de longitud oeste. Su superficie total es de 2.034,38 km², lo que la sitúa como la más extensa de las Islas Canarias.

A continuación se detalla brevemente las características más relevantes de la isla de Tenerife.

Por su situación subtropical, el clima de la isla de Tenerife se caracteriza por su suavidad térmica la cual se ve favorecida por la presencia de una banda de largas presiones a lo largo de esta latitud lo que condiciona una gran estabilidad atmosférica. Además, las precipitaciones irregulares y la orientación del relieve son factores que ocasionan microclimas que juegan un papel importante en la isla ofreciendo unas condiciones favorables para el desarrollo de la agricultura, concretamente en el cultivo de la papa (Hernández, 2003; GEVIC, 2012).

La isla está constituida por una serie de estructuras apoyada en uno o varios edificios en escudo que forman su base. Todo ello ha generado un mosaico edáfico muy complejo con suelos poco evolucionados pero con grandes contrastes en función de la orientación y el tipo de relieve. En general, los suelos

mejor estructurados se desarrollan en la zona norte y en las zonas llanas, mientras que en las zonas orientadas al sur, los suelos son menos profundos, estructurados y más pobre en materia orgánica (Hernández, 2003; GEVIC, 2012).

Al igual que en las restantes islas del archipiélago, el agua es un recurso escaso y su disponibilidad (atmosférica, superficial y subterránea) depende principalmente del clima descrito y de la estructura geológica de la isla. Por otra parte, las características geomorfológicas tampoco favorecen la presencia de agua superficial o su almacenamiento.

Las precipitaciones irregulares se reparten de forma desigual por la isla en función de su orientación y altitud, llegando a 600 mm anuales de media en las zonas mejor regadas (medianías expuestas al soplo de los alisios) y apenas rozando los 100 mm en las zonas más secas (zonas costeras del sur de la isla). En la actualidad, el funcionamiento de los barrancos es esporádico y estacional estando relacionado con el régimen pluviométrico irregular (Hernández, 2003; GEVIC, 2012).

La vegetación se organiza altitudinalmente en función de las variaciones de humedad y temperatura, constituyendo una serie de pisos bioclimáticos que estructuran el paisaje vegetal y los taxones que en ellos se desarrollan. Los distintos cultivos agrícolas, como es el caso de la papa, se han adaptado a las diversas condiciones que se dan en las distintas zonas de la isla, multiplicándose las variedades locales exclusivas de productos como las papas que incrementan la biodiversidad vegetal insular (Hernández, 2003; GEVIC, 2012).

En el muestreo de tubérculos llevado a cabo en la isla de Tenerife, se seleccionaron dos zonas: la zona norte y la zona sur de la isla. En cada una de las zonas de muestreo se establecieron estaciones de muestreo. Así, las muestras correspondientes a la zona norte fueron recogidas en los municipios de La Guancha, La Orotava/Los Realejos, La Esperanza, Tacoronte, Valle Guerra/Tejina, Tegueste y Ánaga/Taganana. En la zona sur, las estaciones de

muestreo se localizaron en los municipios de Barranco Hondo, Arafo, Fasnia, Güimar, Granadilla, Vilaflor y Santiago del Teide (Figura 25).



Figura 25. Estaciones de muestreo de la isla de Tenerife.

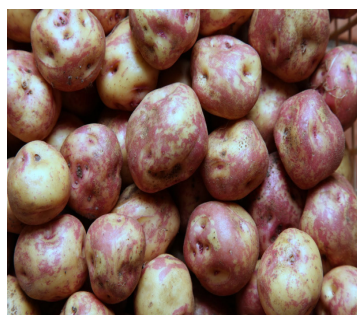
3.2. MUESTREO

En el diseño fue determinante definir una serie de variables como por ejemplo el tipo de muestreo, el número de muestras tomadas y la selección de las mismas. El muestreo se centró en tres tubérculos pertenecientes a distintas familias botánicas: papas (*Solanum tuberosum* L.), batatas (*Ipomoea batatas* L.) y ñames (*Colocasia esculenta* L.). La razón de seleccionar los dos primeros alimentos, papas y batatas, fue debida a que ambos tubérculos son ampliamente cultivados y consumidos por la población isleña. Los ñames, a diferencia de los tubérculos mencionados anteriormente, presentan unas cualidades ecológicas únicas siendo capaces de desarrollarse en condiciones peculiares donde los terrenos se encuentran inundados y de escasa luz solar. A su vez, la selección de estos tubérculos, agrupados por su similitud biológica, permite una comparación del contenido metálico entre los mismos.

La recogida de las muestras se llevó a cabo en el período comprendido entre los meses de mayo-junio de 2007 a mayo-junio 2009. Las muestras, seleccionadas aleatoriamente, fueron adquiridas en los mercadillos, supermercados y recogidas directamente en las huertas de los agricultores de distintas zonas productoras de la isla de Tenerife.

Se seleccionaron un total de 241 muestras de tubérculos. La distribución de las muestras según los distintos tubérculos fue la siguiente:

- Papas (165 muestras): En total se analizaron 10 variedades, 4 variedades de papas antiguas y 6 de importación (Figuras 26 y 27). Dentro del grupo de papas antiguas se engloban las variedades Bonita (17), Colorada (18), Negra (23) y Venezolana (15). En el grupo de papas de importación se engloban las variedades Cara (18), King-Edward (14), Recara (12), Rosada (20) y Up-to-date (14).
- Batatas (53 muestras): Se seleccionaron 3 variedades: Blanca (28), Roja (14) y Yema de Huevo (11) (Figura 28).
- Ñames (23 muestras) (Figura 29).



Bonita



Colorada



Negra



Venezolana

Figura 26. Variedades de papas antiguas



Cara



King Edward



Recara



Rooster



Rosada

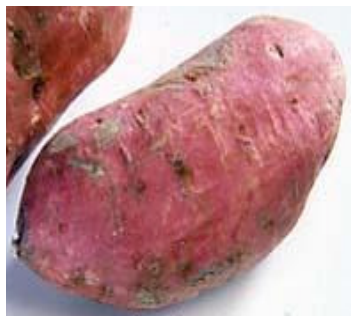


Uptodate

Figura 27. Variedades de papas de importación



Blanca



Roja



Yema de Huevo

Figura 28. Variedades de batatas



Figura 29. Ñames

Cabe destacar que la autenticidad de las muestras de tubérculos es de gran importancia para los consumidores porque ayudan a garantizar las características y la calidad de los mismos.

La recogida de las muestras fue proporcional y representativa de acuerdo con las cantidades cultivadas en cada zona de producción de la isla. En el momento de adquirir la muestra, ésta fue introducida en una bolsa de plástico la cual fue identificada, convenientemente, con un código, la fecha y el lugar de recogida o compra. Ninguna de las muestras objeto de estudio fueron sometidas a almacenamiento siendo su tratamiento inmediato.

3.3. APARATOS Y MATERIAL DE LABORATORIO

El material de laboratorio y los aparatos que han sido utilizados en este estudio fueron los siguientes:

- Matraces aforados de 10, 25, 50, 100, 500 y 1000 mL.
- Probetas graduadas de 50 y 100 mL.
- Vasos precipitados de 10, 50, 100 mL.
- Cápsulas de porcelana.
- Pipetas Pasteur.
- Varillas de vidrio.
- Papel de filtro.
- Micropipetas automáticas Eppendorf de 50-100 mL.
- Micropipetas automáticas Eppendorf de 100-1000 mL.
- Balanza analítica de la marca "Mettler" modelo P2000.
- Placa calefactora de temperatura regulable.
- Estufa marca "Heraeus" modelo T-5042.
- Horno mufla marca "Heraeus" modelo KR170 provisto de dispositivo de regulación automática de la temperatura.
- Espectrofotómetro de absorción atómica marca "Perkin Elmer" modelo 4100 ZL Zeeman utilizado en la determinación de Na, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn.

- Espectrofotómetro de absorción atómica marca “Perkin Elmer” modelo 4100 ZL Zeeman, equipado con horno de grafito de la misma marca y modelo con muestreador automático AS70, utilizado en la determinación de Cr, Ni, Cd y Pb.

En general, las mayores fuentes de errores en el tratamiento de las muestras están relacionadas con la limpieza del material de laboratorio (Zukowska y Biziuk, 2008). Con el fin de evitar posibles interferencias y contaminaciones, la limpieza de todo el material empleado en este estudio se realizó cuidadosamente. Después de ser usado el material de vidrio, éste fue sumergido en ácido nítrico 5% (HNO₃) durante 24 horas. Posteriormente, el material fue lavado y enjuagado con agua desionizada milli-Q (Jorhem, 2000; Rubio y cols., 2006; Ekholm y cols., 2007). Por otra parte, las cápsulas de porcelana fueron lavadas tras su uso y posteriormente fueron sometidas a esterilización en un horno mufla a una temperatura de 800°C durante 2 horas.

3.4. REACTIVOS

Los reactivos y las disoluciones empleadas en este estudio fueron las siguientes:

- Disolución de ácido nítrico 1,5%.
- Disolución de ácido nítrico 5%.
- Disolución de ácido nítrico 65%.
- Patrón estándar multielemento 1000 mg/L (Merck).
- Patrón de plomo 1 g/L (Merck).
- Patrón de cadmio 1 g/L (Merck).
- Agua desionizada ultrapura milli-Q.
- Materiales de referencia certificados (SRM Apple Leaves, SRM 1570a Trace Elements in Spinach Leaves, SRM 1573a Tomato Leaves del National Institute of Standards and Technology (NIST)).

3.5. PREPARACIÓN Y TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS

El muestreo y el pretratamiento de las muestras son, en general, los pasos más importantes en cualquier proceso analítico (Namiesnik, 2002). En la preparación de las muestras de los diferentes tubérculos, cada una de ellas fue lavada con agua potable y jabón con objeto de eliminar los restos de tierra y otras partículas que pudieran estar adheridas al tubérculo dado que éstos pueden interferir en los resultados de los contenidos metálicos (Alegría y cols., 1990; Munshi y cols., 1993; Padín y cols., 2001; Casañas y cols., 2003a; Casañas y cols., 2003b; Yang y cols., 2007; Luis y cols., 2011). Posteriormente, las muestras fueron enjuagadas con agua desionizada milli-Q (Bosque y cols., 1990; Bibak y cols., 1999; Burgos y cols., 2007).

El estudio se realizó en la masa (parte comestible) de cada uno de los tubérculos. Para ello, se pesaron 20 gramos de masa del tubérculo fresco en cápsulas de porcelanas y fueron sometidos a desecación en una estufa a vacío a $90 \pm 10^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas (Hardisson y cols., 2001b; Luis y cols., 2011). Los envases cerámicos y los utensilios de cocina empleados para el pelado de los tubérculos pueden incrementar el contenido metálico en el alimento en cuestión (González-Soto y cols., 2000). A continuación, las muestras se colocaron en un horno mufla y fueron sometidas a incineración aplicando un programa de temperatura-tiempo con una subida de la temperatura hasta alcanzar $450 \pm 25^{\circ}\text{C}$ en un tiempo de 3000 minutos hasta obtener cenizas blancas (Guttormsen, 1990; Krelowska-Kulas, 1993; Piotrowska y Kabata-Pendias, 1997; Hardisson y cols., 2001c; Gutiérrez y cols., 2008; Luis y cols., 2011). Cuando se alcanzan temperaturas superiores a 450°C se producen pérdidas metálicas por volatilización o retención (Jorhem, 2000; Bratakos y cols., 2002; Dybczynki, 2002). Finalmente, las cenizas blancas obtenidas fueron diluidas en ácido nítrico 5% hasta un volumen de 50 mL. Cada una de las muestras diluidas fue transvasada a envases de polipropileno, las cuales fueron conservadas a temperatura ambiente y a oscuras hasta llevarse a cabo el análisis de metales (Figura 30).



Figura 30. Esquema del proceso de preparación y tratamiento de las muestras.

3.6. CONTROL DE CALIDAD EN EL ANÁLISIS DE METALES

El objetivo de los métodos analíticos en el control de calidad de los alimentos es asegurar la precisión y la exactitud (Brüggemann y Kumpulainen, 1995; Da-Col y cols., 2009; Dybczynski, 2002; Iyengar y cols., 2002). Los procedimientos de análisis empleados en la determinación de metales en los distintos tubérculos objeto de estudio fueron validados previamente a la realización de los análisis. Para ello, en la comprobación de la exactitud del procedimiento analítico, se seleccionaron los Materiales de Referencia Certificados (MRC) del NIST (National Institute of Standard and Technology) que más se asemejan a las muestras analizadas (Valcárcel y Ríos, 1992; Dabeka y McKenzie, 1995; Domek y cols., 1995; Dybczynski, 2002; Iyengar y cols., 2002). En el estudio de recuperación se utilizaron el SRM (Standard Reference Material) N° 1515 (Apple Leaves), el N° 1570a (Trace Elements in Spinach Leaves) y el N° 1573a (Tomato Leaves). Los resultados obtenidos en el laboratorio fueron comparados

con los datos certificados mediante el empleo del porcentaje de elemento recuperado, tal y como puede observarse en la Tabla 1.

Tabla 1. Estudio de recuperación de metales esenciales (Na, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, Cr, Ni) y tóxicos (Cd, Pb).

Metal	Material	Concentración obtenida^a (mg/Kg)	Concentración certificada^{a,b} (mg/Kg)	Recuperación (%)
Na	SRM 1515 Apple Leaves	23,8 ± 1,40	24,0 ± 1,20	99,2
	SRM 1570a Trace Elements in Spinach Leaves	1,81 ± 0,06	1,82 ± 0,04	99,4
K	SRM 1515 Apple Leaves	1,62 ± 0,01	1,61 ± 0,02	101
	SRM 1570a Trace Elements in Spinach Leaves	2,88 ± 0,02	2,90 ± 0,05	99,3
Ca	SRM 1515 Apple Leaves	1,51 ± 0,01	1,53 ± 0,02	98,7
	SRM 1570a Trace Elements in Spinach Leaves	1,54 ± 0,01	1,53 ± 0,04	101
Mg	SRM 1515 Apple Leaves	0,26 ± 0,05	0,27 ± 0,01	96,3
Cu	SRM 1515 Apple Leaves	5,87 ± 0,05	5,64 ± 0,24	104
	SRM 1570a Trace Elements in Spinach Leaves	12,0 ± 0,50	12,2 ± 0,60	98,4
Fe*	SRM 1515 Apple Leaves	81,5 ± 0,01	80,0 ± 0,00	102
	SRM 1573a Tomato Leaves	369 ± 5,00	368 ± 7,00	
Mn	SRM 1515 Apple Leaves	55,3 ± 0,02	54,0 ± 3,00	102
	SRM 1570a Trace Elements in Spinach Leaves	76,0 ± 0,05	75,9 ± 1,90	100
Zn	SRM 1515 Apple Leaves	12,9 ± 0,10	12,5 ± 0,30	103
	SRM 1570a Trace Elements in Spinach Leaves	81,0 ± 0,10	82,0 ± 3,00	98,8
Cr	SRM 1515 Apple Leaves	0,76 ± 0,04	0,78 ± 0,06	97,4
	SRM 1573a Tomato Leaves	2,00 ± 0,04	1,99 ± 0,06	101
Ni	SRM 1515 Apple Leaves	18,8 ± 0,60	18,8 ± 0,80	100
	SRM 1570a Trace Elements in Spinach Leaves	2,13 ± 0,05	2,14 ± 0,10	99,5
Cd	SRM 1515 Apple Leaves			
	SRM 1573a Tomato Leaves	1,54 ± 0,01	1,52 ± 0,04	101
Pb	SRM 1515 Apple Leaves	0,46 ± 0,02	0,47 ± 0,02	97,9

^a. Media ± desviación estándar.

^b. Intervalo de confianza: 95%.

*. No es un valor certificado, solamente como guía.

Cabe destacar que los valores medidos no difieren significativamente de los certificados.

3.7. CUANTIFICACIÓN DE METALES EN LAS MUESTRAS DE TUBÉRCULOS

En la actualidad, la espectrofotometría de absorción atómica (EAA) es la técnica más usada para la determinación de metales en cualquier muestra (Jorhem, 2000; Zukowska y Biziuk, 2008). En general, la elección del método para la cuantificación de metales depende de una serie de factores tales como por ejemplo la capacidad de detección, la precisión, la sensibilidad del método y la velocidad deseada (Zukowska y Biziuk, 2008).

En este estudio, la cuantificación de los metales esenciales (Na, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn) en los tubérculos estudiados se llevó a cabo mediante espectrofotometría de absorción atómica por llama (EAA-Llama), empleando aire/acetileno, debido a que las concentraciones metálicas en muestras analizadas eran suficientemente altas (Ellen y cols., 1990).

En el proceso de atomización por llama, la muestra disuelta llega a la llama en forma de aerosol mediante el uso de un nebulizador. La llama vaporiza la muestra rápidamente pasando los átomos al estado gaseoso. El objetivo es obtener el mayor número de átomos en el estado fundamental evitando al máximo la formación de átomos y moléculas excitadas (Dugo y cols., 2004).

Para evitar posibles interferencias durante el análisis, esta técnica requiere el pretratamiento de las muestras basada en la eliminación de la materia orgánica de las mismas mediante un proceso de pirólisis (Dugo y cols., 2004).

La Figura 31 ilustra el espectrofotómetro de absorción atómica por llama empleado en la cuantificación de los metales esenciales mencionados anteriormente.



Figura 31. Espectrofotómetro de absorción atómica con llama.

Los parámetros instrumentales empleados en la cuantificación metálica mediante EAA-Llama en las muestras de los tubérculos estudiados se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2. Condiciones analíticas para la determinación de Na, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn en los tubérculos mediante EAA-Llama.

Metal	Longitud de onda (nm)	Anchura banda espectral (nm)	Flujo aire:acetileno	Sensibilidad (mg/L)	Sensibilidad mechero (mg/L)	Rango lineal (mg/L)
Ca	422,7	0,7	8:2,5	0,092	4,0	5,0
Mg	285,2	0,7	8:2,5	0,0078	0,3	0,5
Na	589,0	0,4	8:2,5	0,012	0,5	1,0
K	766,5	1,4	8:2,5	0,043	2,0	2,0
Cu	324,8	0,7	8:2,5	0,077	4,0	5,0
Fe	248,3	0,2	8:2,5	0,100	5,0	5,0
Mn	279,5	0,2	8:2,5	0,052	2,5	2,0
Zn	213,9	0,7	8:2,5	0,018	1,0	1,0

Todos los análisis se realizaron por triplicado. La cuantificación se realizó mediante normas externas y el coeficiente de correlación obtenido en las rectas de calibrado considerando cinco patrones diferentes fue $\geq 0,998$.

En la determinación de Cr, Ni, Cd y Pb de cada una de las muestras, los niveles alcanzados por estos metales mediante EAA-Llama se encontraban por debajo de su límite de detección. Por ello, la cuantificación de estos cuatro metales se llevó a cabo mediante espectrofotometría de absorción atómica mediante cámara de grafito (EAA-cámara de grafito), capaz de proporcionar una mayor

sensibilidad y límite de detección que la EAA-Llama. La Figura 32 muestra el espectrofotómetro de absorción atómica por cámara de grafito empleado para la cuantificación de los metales mencionados anteriormente.



Figura 32. Espectrofotómetro de absorción atómica con cámara de grafito.

En el proceso de EAA-cámara de grafito es imprescindible el suministro de una cantidad suficiente de energía a la muestra provocando la disociación de las moléculas, la ruptura de sus enlaces y conseguir que los átomos se encuentren en estado fundamental, procurando no rebasar este estado energético.

Para cada elemento, se optimizó un programa de temperatura-tiempo en la EAA-cámara de grafito asegurando la sensibilidad y el límite de detección del método seleccionado. Cabe destacar que se empleó argón de elevada pureza como gas interno, deteniendo el flujo durante la etapa de atomización del analito. En las Tablas 3, 4, 5 y 6 se reflejan las condiciones analíticas empleadas en la cuantificación de Cr, Ni, Cd y Pb mediante EAA-cámara de grafito.

Tabla 3. Condiciones de programación térmica en la determinación de Cr mediante EAA-cámara de grafito.

Etapa		Temperatura (°C)	Tiempo para alcanzar la rampa (s)	Tiempo de mantenimiento (s)	Flujo argón (L/min)
1	Evaporación del diluyente	100	10	10	250
2	Secado	130	25	20	250
3	Pretratamiento	1400	5	10	250
4	Atomización	2350	0	5	0
5	Limpieza	2600	2	4	250

Longitud de onda: 357,9 nm

Volumen de inyección: 20 mL

Temperatura de inyección: 20°C

Tabla 4. Condiciones de programación térmica en la determinación de Ni mediante EAA-cámara de grafito.

Etapa		Temperatura (°C)	Tiempo para alcanzar la rampa (s)	Tiempo de mantenimiento (s)	Flujo argón (L/min)
1	Evaporación del diluyente	100	10	10	250
2	Secado	130	25	20	250
3	Pretratamiento	1350	5	20	250
4	Atomización	2350	0	5	0
5	Limpieza	2550	2	4	250

Longitud de onda: 232 nm

Volumen de inyección: 20 mL

Temperatura de inyección: 20°C

Tabla 5. Condiciones de programación térmica en la determinación de Cd mediante EAA-cámara de grafito.

Etapa		Temperatura (°C)	Tiempo para alcanzar la rampa (s)	Tiempo de mantenimiento (s)	Flujo argón (L/min)
1	Evaporación del diluyente	110	10	20	250
2	Secado	130	15	30	250
3	Pretratamiento	700	10	20	250
4	Atomización	1400	0	5	0
5	Limpieza	2450	1	3	250

Longitud de onda: 228,8 nm

Volumen de inyección: 20 mL

Temperatura de inyección: 20°C

Tabla 6. Condiciones de programación térmica en la determinación de Pb mediante EAA-cámara de grafito.

Etapa		Temperatura (°C)	Tiempo para alcanzar la rampa (s)	Tiempo de mantenimiento (s)	Flujo argón (L/min)
1	Evaporación del diluyente	110	1	30	250
2	Secado	130	15	30	250
3	Pretratamiento	700	10	20	250
4	Atomización	1700	0	5	0
5	Limpieza	2450	1	3	250

Longitud de onda: 217 nm

Volumen de inyección: 20 mL

Temperatura de inyección: 20°C

Con objeto de detectar posibles interferencias y comprobar la selectividad del método propuesto, se ha aplicado la adición de patrones en 3 muestras seleccionadas al azar entre el total de muestras del estudio.

Los límites de detección instrumentales se estimaron basándonos en la respuesta instrumental del equipo determinándose mediante el análisis de 15 blancos en condiciones de reproducibilidad (Figura 7) (IUPAC, 1995).

Tabla 7. Límites de detección de los metales sometidos a estudio de acuerdo al equipo utilizado

Metal	Equipo	Límite de detección (LD) (mg/Kg)
Macroelementos		
Na	EAA-Llama	2,743
K	EAA-Llama	1,414
Ca	EAA-Llama	1,452
Mg	EAA-Llama	1,459
Microelementos		
Cu	EAA-Llama	0,616
Fe	EAA-Llama	0,339
Mn	EAA-Llama	0,731
Zn	EAA-Llama	0,048
Cr	EAA-cámara grafito	0,00045
Ni	EAA-cámara grafito	0,00102
Tóxicos		
Cd	EAA-cámara grafito	0,00016
Pb	EAA-cámara grafito	0,0007

3.8. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y CENIZAS EN LOS TUBÉRCULOS

El contenido de humedad en las muestras de tubérculos se determinó de acuerdo al método oficial de la AOAC (Association of Official Analytical Chemists) (AOAC, 1990). Para ello, se pesó 20 g de muestra fresca en una cápsula de porcelana. A continuación, las muestras son introducidas en una estufa a 80-105°C durante 48 h con objeto de desecar las muestras. El contenido de humedad, en porcentaje, se calculó a partir de la siguiente expresión:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{P_F - P_S}{P_F} \cdot 100$$

donde:

P_F = Peso fresco de la muestra (g)

P_S = Peso seco de la muestra (g)

El contenido en cenizas en las muestras de tubérculos se determinó de acuerdo al método oficial de la AOAC (AOAC, 1990). La cantidad de cenizas, en porcentaje, se determinó a partir de la siguiente expresión:

$$\text{Cenizas (\%)} = \frac{P_C}{P_F} \cdot 100$$

donde:

P_C = Peso cenizas de la muestra (g)

3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la realización del análisis estadístico se ha utilizado el programa IBM SPSS versión 19.0.

Los principales parámetros de estadística descriptiva que se han empleado para caracterizar el contenido metálico en las muestras de tubérculos han sido la media aritmética, valores máximos y mínimos, la desviación estándar, el coeficiente de variación. Los resultados se presentan resumidos en tablas y permiten conocer los valores medios de los diferentes metales estudiados, así como la variabilidad de las variables analizadas. Además, se comprobó la normalidad de las poblaciones mediante el test de Kolmogorov-Smirnov y el test de normalidad de Levene (Gutiérrez y cols., 2008).

Generalmente, cuando los valores de probabilidad son superiores a 0,05 ello indica que hay homogeneidad entre las variables estudiadas. Por el contrario, cuando los resultados de probabilidad son inferiores a 0,05, no existe homogeneidad (Jorhem, 2000).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PAPAS

4.1.1. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE METALES EN LA MASA DE LAS PAPAS

4.1.1.1. SEGÚN LAS VARIEDADES DE PAPAS

Las concentraciones medias y las desviaciones estándar de los metales analizados en la masa de las distintas variedades de papas antiguas analizadas se refleja en la Tabla 8.

Tabla 8. Concentración media y desviación estándar de metales en la masa de las papas antiguas (mg/Kg).				
Metal	Variedades de papas antiguas			
	Bonita	Colorada	Negra	Venezolana
Macroelementos				
Na	110,4±71,14	115,7±80,94	175,4±95,35	98,88±45,37
K	4554±1655	4075±1460	4921±1721	3792±1783
Ca	73,01±49,03	75,19±67,12	89,13±98,31	38,57±20,23
Mg	221,6±111,4	266,4±150,4	342,9±214,0	313,9±158,1
Microelementos				
Cu	1,008±0,603	1,432±0,707	1,115±0,508	1,504±0,687
Fe	4,945±1,176	4,546±1,239	5,025±1,249	4,954±1,409
Mn	1,706±0,978	1,514±0,907	1,278±0,725	1,556±0,496
Zn	3,579±0,659	3,292±0,943	3,836±1,367	3,908±1,051
Cr	0,019±0,006	0,016±0,004	0,016±0,007	0,017±0,005
Ni	0,042±0,017	0,059±0,083	0,070±0,057	0,061±0,052
Tóxicos				
Cd	0,019±0,024	0,009±0,008	0,006±0,005	0,013±0,007
Pb	0,008±0,007	0,016±0,010	0,014±0,009	0,008±0,009

En la tabla anterior se puede observar que la variedad Negra presenta las mayores concentraciones metálicas fundamentalmente de sodio ($175,4 \pm 95,35$ mg/Kg), potasio (4921 ± 1721 mg/Kg), calcio ($89,13 \pm 98,31$ mg/Kg), magnesio ($342,9 \pm 214,0$ mg/Kg), hierro ($5,025 \pm 1,249$ mg/Kg) y níquel ($0,070 \pm 0,057$ mg/Kg), respectivamente. Los contenidos metálicos más bajos se reflejan en la papa Colorada.

Respecto a los metales tóxicos, en el caso del cadmio, la variedad Bonita presentó las mayores concentraciones ($0,019 \pm 0,024$ mg/Kg) mientras que los niveles más bajos de este metal se observaron en la variedad Negra ($0,006 \pm 0,005$ mg/Kg). Asimismo, los mayores contenidos de plomo se encuentran en la papa Colorada ($0,016 \pm 0,010$ mg/Kg) mientras que las variedades Bonita y Venezolana presentaron las concentraciones más bajas ($0,008 \pm 0,007$ mg/Kg).

La Tabla 9 muestra las concentraciones medias y las desviaciones estándar de los metales analizados en las distintas variedades de papas de importación.

Tabla 9. Concentración media y desviación estándar de metales en la masa de papas de importación (mg/Kg).

Metal	Variedades de papas de importación					
	Cara	King-Edward	Recara	Rooster	Rosada	Up-to-date
Macroelementos						
Na	150,9±91,96	164,5±61,09	116,9±80,92	147,0±96,19	126,4±53,20	147,5±67,28
K	3956±1286	3701±1409	4529±1511	3102±1485	4524±1500	3802±1536
Ca	75,94±61,91	43,19±22,30	97,36±47,11	56,70±41,20	50,38±24,00	56,27±22,95
Mg	267,8±172,6	197,7±108,8	258,4±82,30	309,3±120,7	283,2±111,0	269,4±151,4
Microelementos						
Cu	1,246±0,425	1,165±0,733	1,691±0,796	1,442±0,904	1,357±0,504	1,082±0,536
Fe	4,307±1,541	4,772±1,271	4,042±1,512	4,620±1,574	4,338±1,013	5,058±0,763
Mn	1,309±0,447	1,505±0,742	1,517±0,802	2,182±0,998	1,878±0,561	1,605±0,915
Zn	3,041±0,822	2,783±0,798	3,176±0,953	3,404±0,886	3,509±0,811	3,119±0,854
Cr	0,018±0,013	0,015±0,002	0,019±0,006	0,016±0,003	0,022±0,010	0,019±0,006
Ni	0,021±0,015	0,029±0,013	0,054±0,021	0,059±0,054	0,080±0,084	0,057±0,033
Tóxicos						
Cd	0,006±0,003	0,007±0,003	0,011±0,009	0,011±0,003	0,007±0,005	0,013±0,009
Pb	0,017±0,016	0,012±0,011	0,023±0,015	0,016±0,012	0,014±0,017	0,007±0,006

En líneas generales, en la Tabla 9 puede observarse que las variedades Recara y Rosada presentan las mayores concentraciones metálicas en comparación a las de las restantes variedades de importación. Así, los mayores contenidos de potasio (4529 ± 1511 mg/Kg), calcio ($97,36 \pm 47,11$ mg/Kg), cobre ($1,691 \pm 0,796$ mg/Kg) se encuentran en la papa Recara mientras que en la variedad Rosada destacan en mayor proporción los metales zinc ($3,509 \pm 0,811$ mg/Kg), cromo ($0,022 \pm 0,010$ mg/Kg) y níquel ($0,080 \pm 0,084$ mg/Kg). De todas las variedades de importación analizadas, los menores niveles de metales se detectan en la variedad Cara.

Respecto a los metales tóxicos, la variedad Up-to-date presentó las mayores concentraciones de cadmio ($0,013 \pm 0,009$ mg/Kg) mientras que los niveles más bajos se reflejaron en la variedad Cara ($0,006 \pm 0,003$ mg/Kg). En el caso del plomo, los mayores contenidos se observaron en la variedad Recara ($0,023 \pm$

0,015 mg/Kg) mientras que en la variedad Up-to-date se determinaron las concentraciones más bajas ($0,007 \pm 0,006$ mg/Kg) (Tabla 9).

Al comparar ambas variedades de papas (antiguas vs importación), cabe destacar que las concentraciones de metales en las papas antiguas son superiores en comparación con las de las variedades de importación, con excepción de los metales calcio y manganeso.

En líneas generales, las distintas variedades de papas analizadas en este estudio siguen la siguiente secuencia de concentración (Tablas 8 y 9):

Potasio (3102 - 4921 mg/Kg) > Magnesio (197,7 - 342,9 mg/Kg) > Sodio (98,88 - 175,4 mg/Kg) > Calcio (38,57 - 97,36 mg/Kg) > Hierro (4,042 - 5,058 mg/Kg) > Zinc (2,783 - 3,908 mg/Kg) > Manganeso (1,278 - 2,182 mg/Kg) > Cobre (1,008 - 1,691 mg/Kg) > Níquel (0,021 - 0,080 mg/Kg) > Cromo (0,015 - 0,022 mg/Kg) > Plomo (0,007 - 0,023 mg/Kg) > Cadmio (0,006 - 0,019 mg/Kg).

Con el fin de comprobar si había normalidad de los datos, se usaron los test de *Kolmogorov-Smirnov* y de *Shapiro-Wilk* y el estadístico de *Levene* de homogeneidad de las varianzas para cada uno de los metales. Tal y como se resume en el Anexo I (Tablas 10-22), no se observó normalidad de los datos.

Puesto que se puso de manifiesto mediante el estadístico de *Kruskal-Wallis* la existencia de diferencias significativas entre los distintos metales con respecto a las distintas variedades de papas estudiadas para el Na, Ca, Mn, Zn, Ni, Cd y Pb (Tabla 23), se procedió a comprobar entre qué variedades de papas existían estas diferencias. El test que se utilizó fue la prueba de *U de Mann-Whitney* (Tablas 24-68).

Los resultados de esta prueba se muestran a continuación:

Sodio

En la variedad Negra se reflejan los mayores niveles de sodio ($175,4 \pm 95,35$ mg/Kg) mientras que las concentraciones más bajas se presentan en la

papa Venezolana ($98,88 \pm 45,37$ mg/Kg). La concentración media de sodio para todas las variedades de papas es $136,6 \pm 78,8$ mg/Kg. Respecto a este metal, existen diferencias significativas entre las papas de las variedades Bonita, Colorada, Recara y Venezolana siendo además las variedades con concentraciones de sodio más bajas. Respecto a la variedad Up-to-date es la que presenta los valores medios entre las variedades anteriormente mencionadas y el resto de variedades que tienen valores más altos, tal y como se refleja en la Figura 33.

King Edward, Negra y Recara no presentaron diferencias significativas con las variedades de papas restantes.

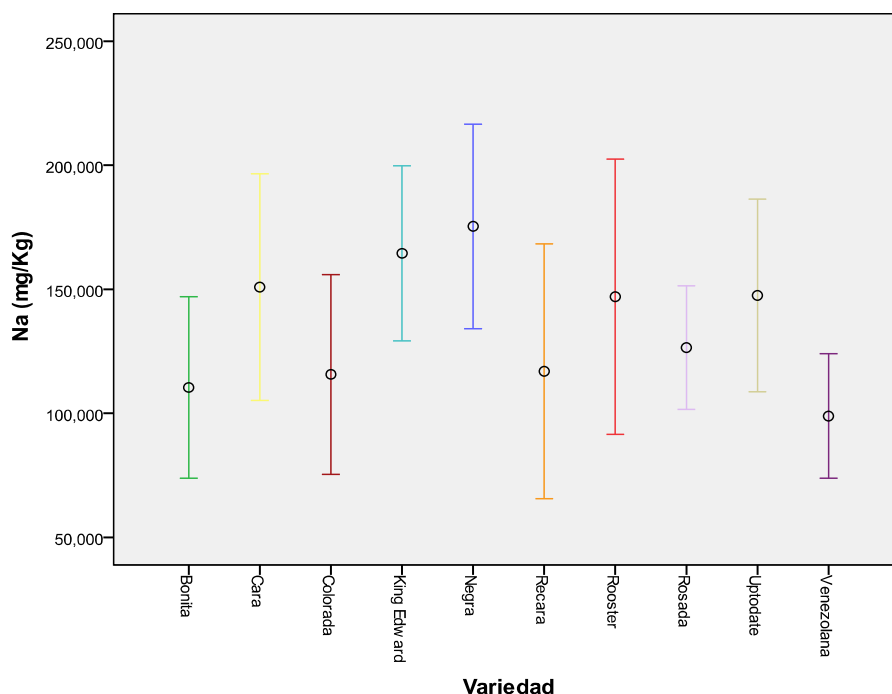


Figura 33. Concentraciones de Na en las distintas variedades de papas estudiadas.

Potasio

Entre todos los elementos analizados, desde un punto de vista cuantitativo, el potasio es el metal que se encuentra en mayor concentración en comparación con los metales restantes. El intervalo de concentración estuvo comprendido entre 3102 ± 1485 mg/Kg (variedad Rooster) y 4921 ± 1721 mg/Kg (variedad Negra) con una concentración media para todas las variedades de

4154 ± 1590 mg/Kg. Con respecto a este metal, no se presentaron diferencias significativas entre las distintas variedades de papas consideradas en este estudio (Figura 34).

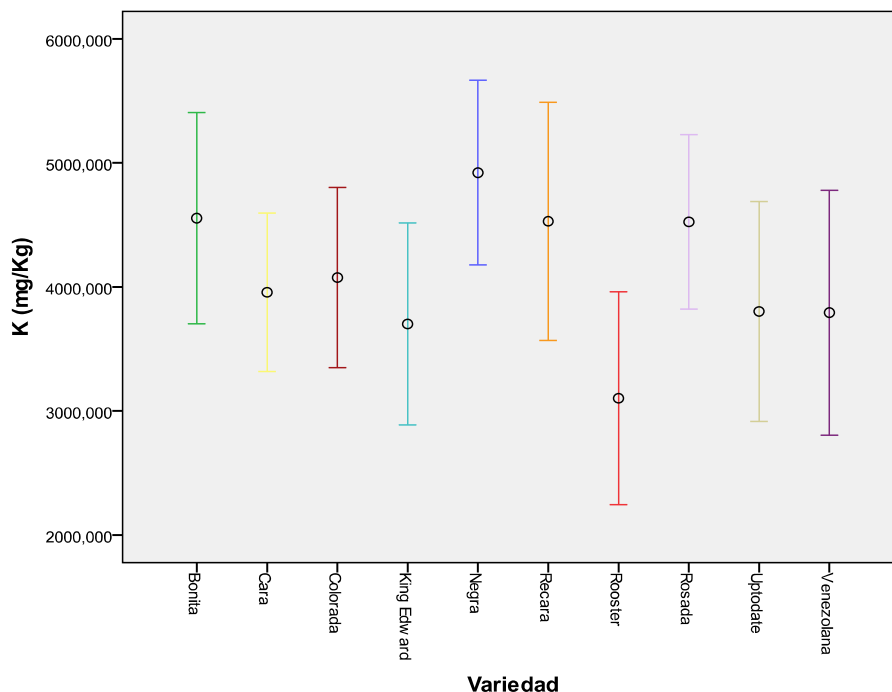


Figura 34. Concentraciones de K en las distintas variedades de papas estudiadas.

Calcio

Las mayores concentraciones de calcio fueron detectadas en la variedad Recara ($97,36 \pm 47,11$ mg/Kg) mientras que la variedad Venezolana presentó las concentraciones más bajas ($38,57 \pm 20,23$ mg/Kg). La concentración media de calcio para todas las muestras de papas analizadas fue $66,38 \pm 56,5$ mg/Kg. Existen diferencias significativas entre la papa Venezolana y el resto de las variedades estudiadas, siendo además ésta la que menor concentración de este metal presentó, tal y como se puede observar en la Figura 35.

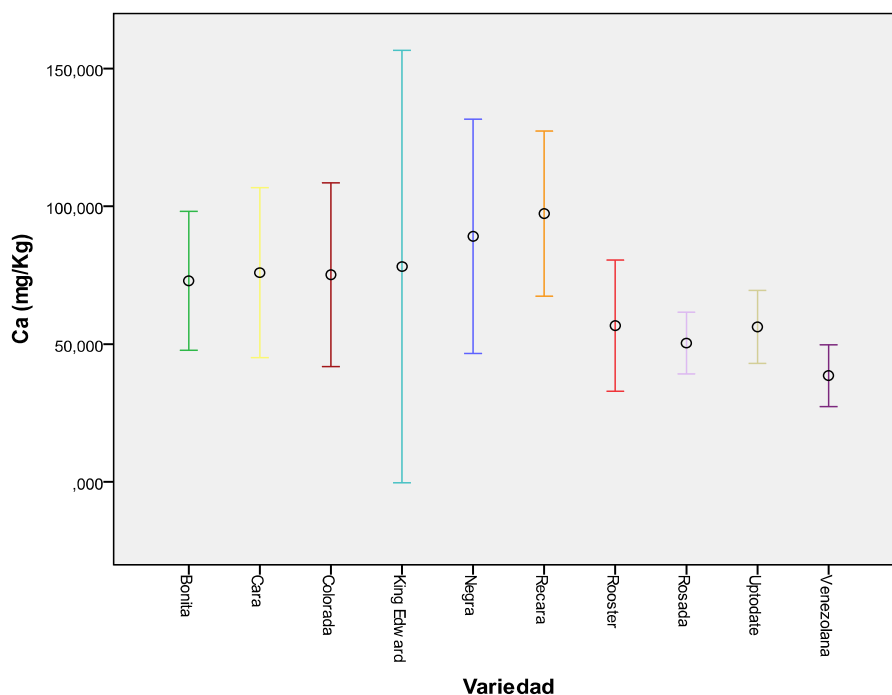


Figura 35. Concentraciones de Ca en las distintas variedades de papas estudiadas.

Magnesio

El intervalo de concentración estuvo comprendido entre $197,7 \pm 108,8$ mg/Kg (variedad King Edward) y $342,9 \pm 214,0$ mg/Kg (variedad Negra) con una concentración media de $276,5 \pm 149,8$ mg/Kg, no existiendo diferencias significativas entre las distintas variedades consideradas en este estudio, tal y como se refleja en la Figura 36.

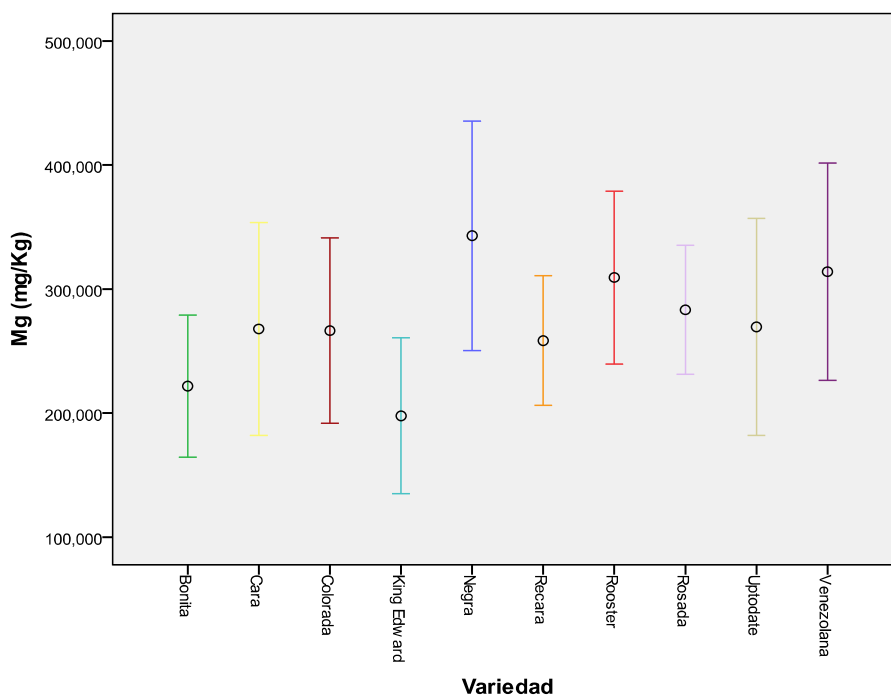


Figura 36. Concentraciones de Mg en las distintas variedades de papas estudiadas.

Cobre

Las concentraciones medias más altas se presentaron en la variedad Recara ($1,691 \pm 0,796$ mg/Kg) mientras que la variedad Bonita reflejó los contenidos más bajos ($1,008 \pm 0,603$ mg/Kg). La concentración media de cobre para todas las variedades de papas fue $1,289 \pm 0,649$ mg/Kg, no existiendo diferencias significativas entre las distintas variedades de papas analizadas (Figura 37).

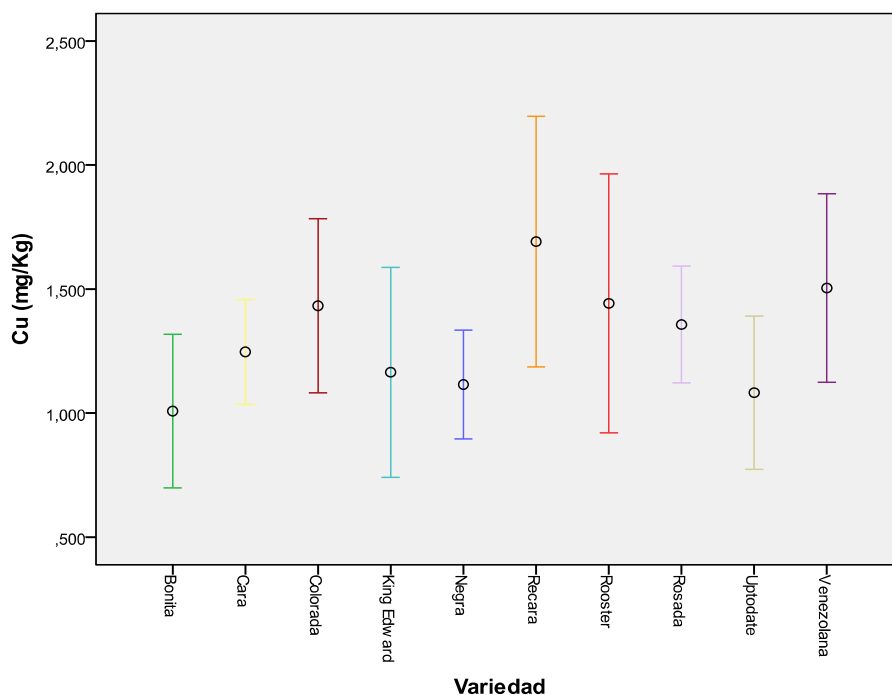


Figura 37. Concentraciones de Cu en las distintas variedades de papas estudiadas.

Hierro

El intervalo de concentración estuvo comprendido entre $4,042 \pm 1,512$ mg/Kg (variedad Recara) y $5,058 \pm 0,763$ mg/Kg (variedad Up-to-date) con una concentración media para todas las muestras de $4,672 \pm 1,291$ mg/Kg. Tal y como se puede observar en la Figura 38, no existían diferencias significativas entre las distintas variedades de papas estudiadas.

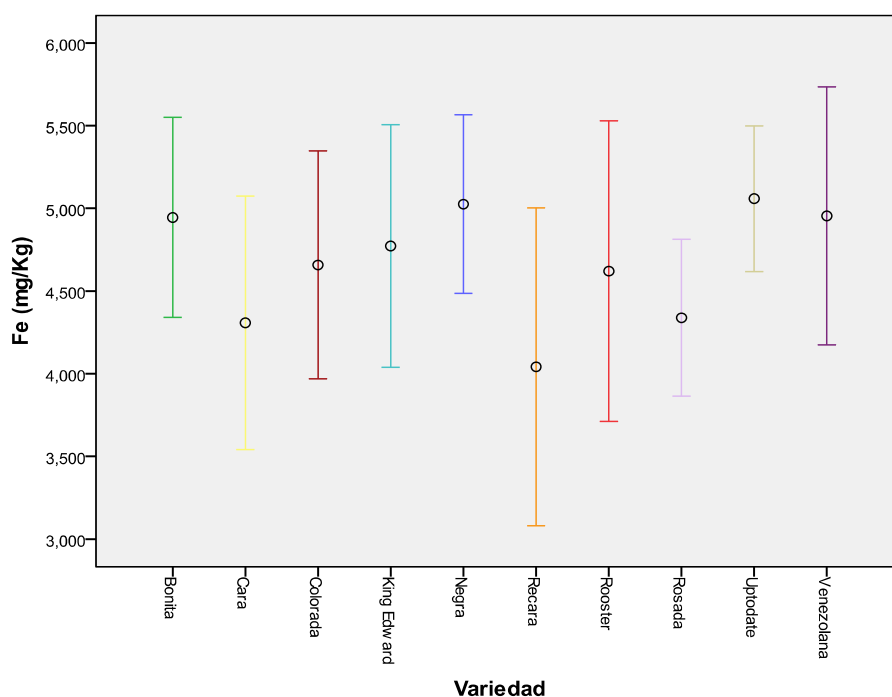


Figura 38. Concentraciones de Fe en las distintas variedades de papas estudiadas.

Manganeso

Los mayores contenidos de manganeso se reflejaron en la variedad Rooster ($2,182 \pm 0,998$ mg/Kg) mientras que la variedad Negra presentó las concentraciones más bajas ($1,278 \pm 0,725$ mg/Kg). La concentración media de manganeso para todas las variedades de papas fue $1,590 \pm 0,790$ mg/Kg. Respecto a este metal, la papa Rooster se diferenció significativamente del resto de las variedades presentando además la mayor concentración de este metal (Figura 39).

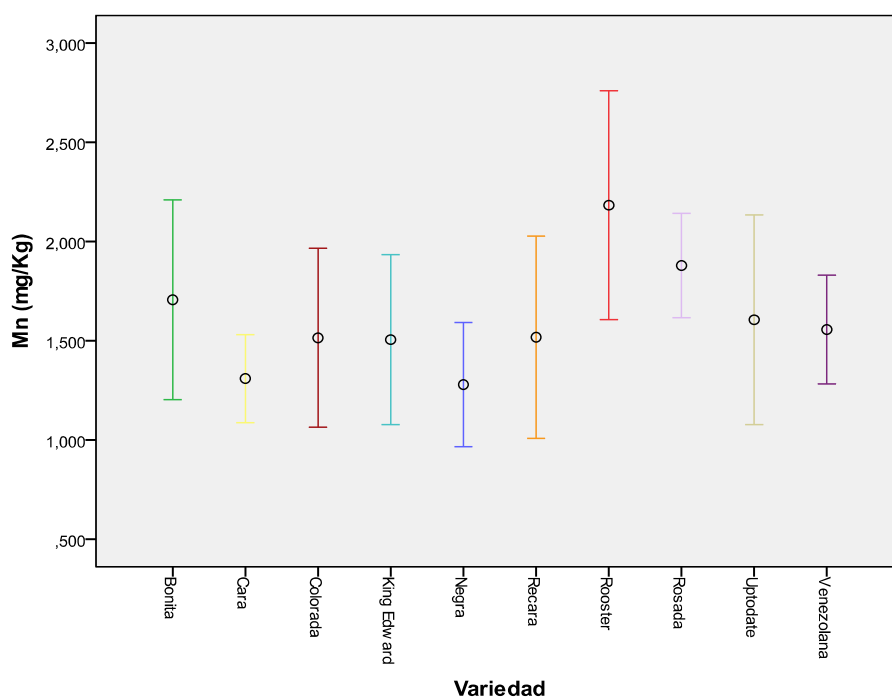


Figura 39. Concentraciones de Mn en las distintas variedades de papas estudiadas.

Zinc

El intervalo de concentración de zinc estuvo comprendido entre $2,783 \pm 0,798$ mg/Kg (variedad King Edward) y $3,908 \pm 1,051$ mg/Kg (variedad Venezolana), siendo la concentración media $3,396 \pm 0,985$ mg/Kg para todas las muestras de papas analizadas.

Para este metal, aunque la mayor parte de las variedades presentan valores cuyas medias no se diferencian significativamente entre ellas, si que destacan las variedades Venezolana y King Edward que tienen diferencias significativas claras entre ellas, siendo además las que mayor y menor contenidos presentan, tal y como se puede observar en la Figura 40.

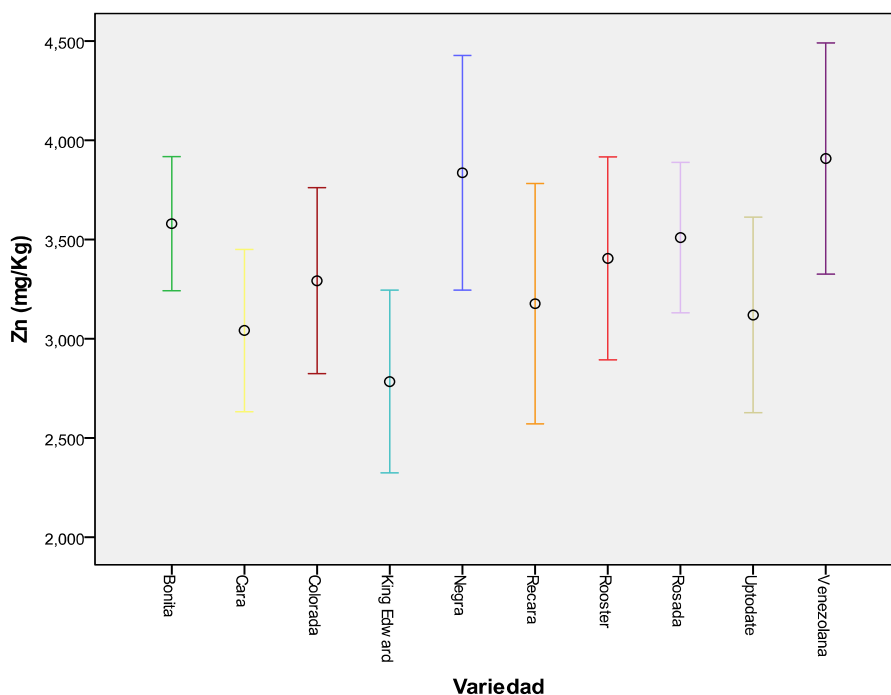


Figura 40. Concentraciones de Zn en las distintas variedades de papas estudiadas.

Cromo

Las concentraciones medias más altas se presentaron en la variedad Rosada ($0,022 \pm 0,010$ mg/Kg) mientras que en la variedad King Edward se observaron los contenidos más bajos ($0,015 \pm 0,002$ mg/Kg). La concentración media de cromo para todas las variedades de papas fue $0,018 \pm 0,007$ mg/Kg, no existiendo diferencias significativas entre las distintas variedades de papas consideradas en este estudio (Figura 41).

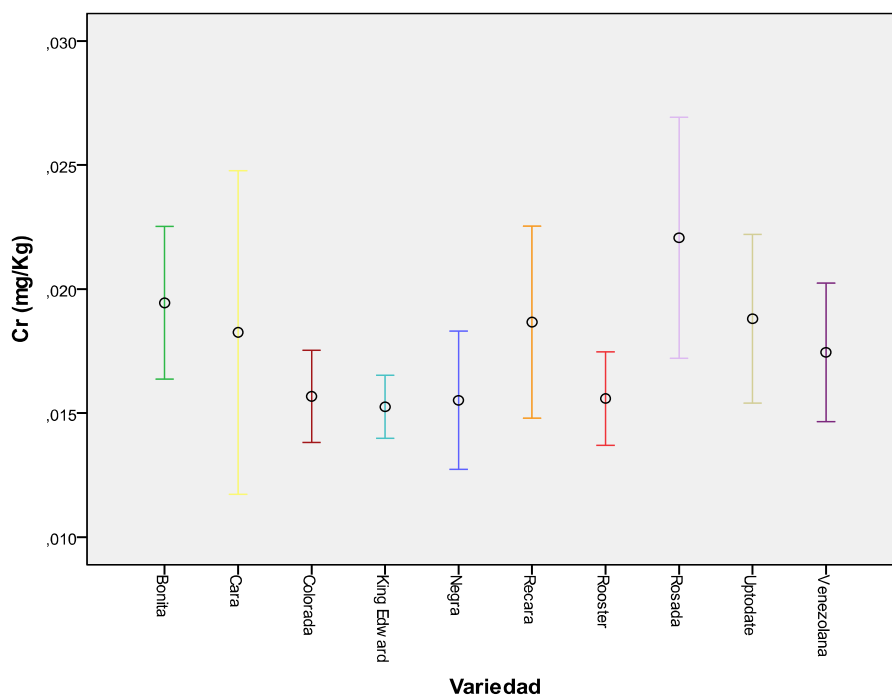


Figura 41. Concentraciones de Cr en las distintas variedades de papas estudiadas.

Níquel

El intervalo de concentración estuvo comprendido entre $0,021 \pm 0,015$ mg/Kg (variedad Cara) y $0,080 \pm 0,084$ mg/Kg (variedad Rosada), siendo la concentración media $0,054 \pm 0,054$ mg/Kg para todas las variedades de papas. Existen diferencias significativas de la variedad Cara que es la que menor concentración de níquel presentó y el resto de las variedades estudiadas. Asimismo, la variedad Rosada se diferenció claramente de la variedad Cara, pero no así de las restantes variedades debido a la alta variabilidad de las concentraciones de níquel encontradas, tal y como se refleja en la Figura 42.

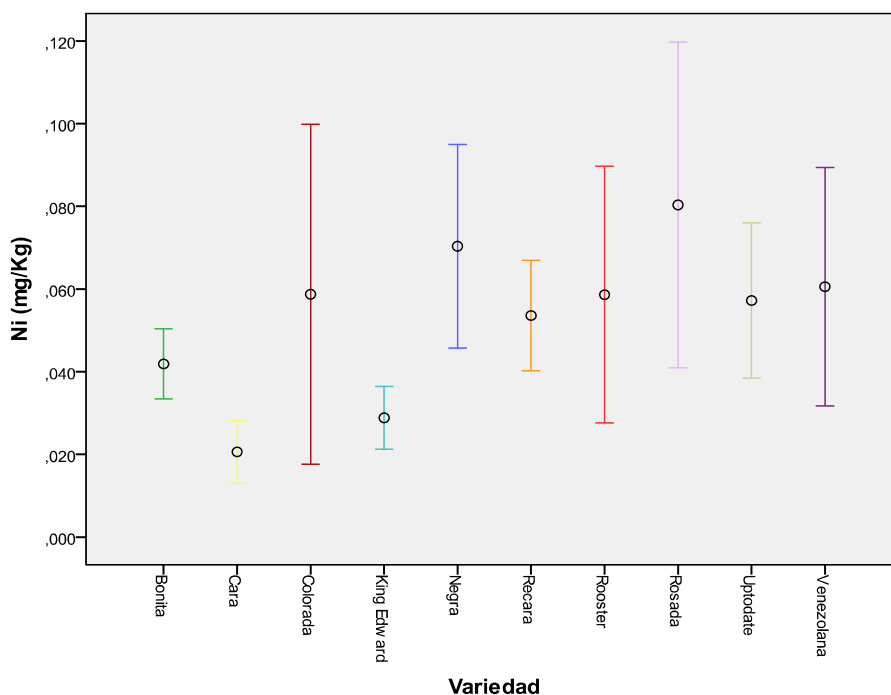


Figura 42. Concentraciones de Ni en las distintas variedades de papas estudiadas.

Cadmio

Los mayores contenidos de cadmio se detectaron en la variedad Bonita ($0,019 \pm 0,024$ mg/Kg) mientras que las variedades Cara y Negra presentaron las concentraciones de Cd más bajas ($0,006 \pm 0,003$ y $0,006 \pm 0,005$ mg/Kg, respectivamente). La concentración media de cadmio para todas las variedades de papas fue $0,010 \pm 0,010$ mg/Kg. Las variedades Cara, Negra y Rosada se diferenciaron significativamente del resto de las variedades siendo, además, las que menores contenidos de este metal poseen. La variedad Bonita, aunque es la que mayor concentración de cadmio presentó, no se diferenció significativamente del resto de las variedades estudiadas (excluyendo a las mencionadas anteriormente) (Figura 43).

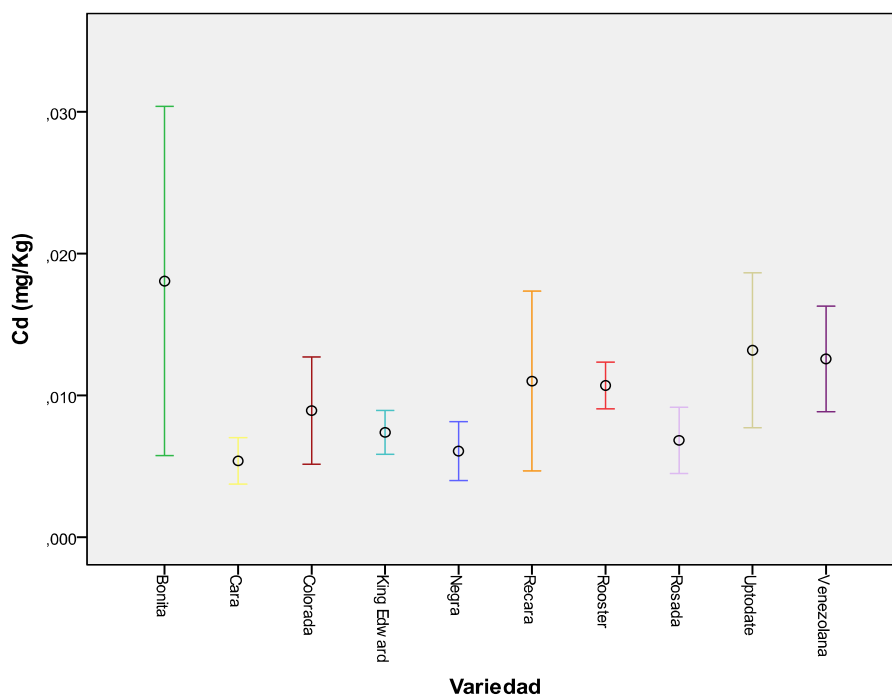


Figura 43. Concentraciones de Cd en las distintas variedades de papas estudiadas.

Plomo

El intervalo de concentración estuvo comprendido entre $0,007 \pm 0,006$ mg/Kg (variedad Up-to-date) y $0,023 \pm 0,015$ mg/Kg (variedad Recara), con una concentración media de plomo para todas las variedades de papas analizadas de $0,014 \pm 0,012$ mg/Kg. Para este metal, únicamente existen diferencias significativas claras entre las variedades Bonita y Rooster, tal y como se refleja en la Figura 44.

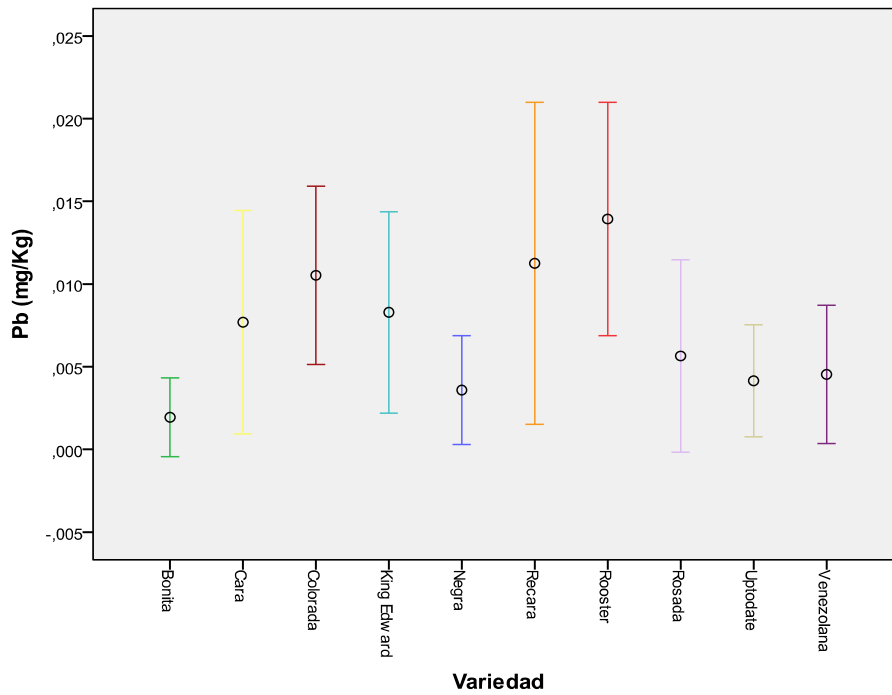


Figura 44. Concentraciones de Pb en las distintas variedades de papas estudiadas.

4.1.1.2. SEGÚN LAS ZONAS DE PRODUCCIÓN

En la Tabla 69 se presentan las concentraciones metálicas medias y las desviaciones estándar en la masa de las papas de acuerdo con las zonas de producción consideradas en este estudio.

Tabla 69. Concentración media y desviación estándar en la masa de distintas variedades de papas según las zonas de producción (mg/Kg).

Metal	Zona de producción	
	Norte	Sur
Macroelementos		
Na	127,8 ± 72,46	176,7 ± 90,61
K	4027 ± 1517	4610 ± 1821
Ca	70,26 ± 60,73	66,38 ± 96,72
Mg	282,6 ± 153,3	254,5 ± 138,3
Microelementos		
Cu	1,304 ± 0,650	1,165 ± 0,629
Fe	4,773 ± 1,294	4,385 ± 1,344
Mn	1,677 ± 0,808	1,101 ± 0,397
Zn	3,438 ± 0,970	3,175 ± 1,077
Cr	0,019 ± 0,007	0,011 ± 0,005
Ni	0,058 ± 0,059	0,034 ± 0,010
Tóxicos		
Cd	0,010 ± 0,011	0,007 ± 0,004
Pb	0,006 ± 0,010	0,010 ± 0,013

En líneas generales, los contenidos medios de elementos esenciales presentes en la masa de las papas procedentes de la zona Norte de la isla de Tenerife fueron superiores a los de la zona Sur con excepción del sodio y potasio. Respecto a los metales tóxicos, los niveles de cadmio encontrados en las papas procedentes de la zona Norte fueron superiores comparados a los de la zona Sur, mientras que en el caso del plomo se reflejó lo contrario (Tabla 69).

Con el fin de comprobar si había normalidad de los datos, se usaron los test de *Kolmogorov-Smirnov* y de *Shapiro-Wilk* y el estadístico de *Levene* para el análisis de homogeneidad de las varianzas de cada uno de los metales. Tal y como se resume en las Tablas 70 y 71, se observa como no existía normalidad de los datos para todos los metales estudiados, con excepción del Mn donde si existía normalidad de los resultados.

Tabla 70. Pruebas de normalidad en las papas según zonas de producción.							
Metal	Zona	Kolmogorov-Smirnov^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Macroelementos							
Na	Norte	0,122	134	0,000	0,931	134	0,000
	Sur	0,154	28	0,085	0,873	28	0,003
K	Norte	0,117	134	0,000	0,957	134	0,000
	Sur	0,099	28	0,200*	0,970	28	0,573
Ca	Norte	0,186	134	0,000	0,670	134	0,000
	Sur	0,320	28	0,000	0,393	28	0,000
Mg	Norte	0,108	134	0,001	0,856	134	0,000
	Sur	0,154	28	0,087	0,866	28	0,002
Microelementos							
Cu	Norte	0,085	134	0,019	0,938	134	0,000
	Sur	0,108	28	0,200*	0,901	28	0,012
Fe	Norte	0,064	134	0,200*	0,985	134	0,136
	Sur	0,115	28	0,200*	0,945	28	0,145
Mn	Norte	0,111	134	0,000	0,906	134	0,000
	Sur	0,200	28	0,006	0,871	28	0,003
Zn	Norte	0,054	134	0,200*	0,968	134	0,003
	Sur	0,131	28	0,200*	0,968	28	0,516
Cr	Norte	0,176	134	0,000	0,849	134	0,000
	Sur	0,169	28	0,039	0,954	28	0,246
Ni	Norte	0,239	134	0,000	0,612	134	0,000
	Sur	0,227	28	0,001	0,929	28	0,060
Tóxicos							
Cd	Norte	0,206	134	0,000	0,657	134	0,000
	Sur	0,170	28	0,037	0,931	28	0,064
Pb	Norte	0,279	134	0,000	0,677	134	0,000
	Sur	0,313	28	0,000	0,773	28	0,000

a. Corrección de la significación de Lilliefors.

gl. Grados de libertad.

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

Tabla 71. Prueba de homogeneidad de la varianza en las papas por zona.					
		Estadístico Levene	gl1	gl2	Sig.
Macroelementos					
Na	Basándose en la media	0,691	1	160	0,407
	Basándose en la mediana	0,674	1	160	0,413
	Basándose en la mediana y gl corr.	0,674	1	150,398	0,413
	Basándose en la media recortada	0,666	1	160	0,416
K	Basándose en la media	1,669	1	160	0,198
	Basándose en la mediana	1,628	1	160	0,204
	Basándose en la mediana y gl corr.	1,628	1	157,077	0,204
	Basándose en la media recortada	1,597	1	160	0,208
Ca	Basándose en la media	0,245	1	160	0,621
	Basándose en la mediana	0,008	1	160	0,929
	Basándose en la mediana y gl corr.	0,008	1	118,564	0,929
	Basándose en la media recortada	0,011	1	160	0,917
Mg	Basándose en la media	0,416	1	160	0,520
	Basándose en la mediana	0,381	1	160	0,538
	Basándose en la mediana y gl corr.	0,381	1	159,139	0,538
	Basándose en la media recortada	0,425	1	160	0,515
Microelementos					
Cu	Basándose en la media	0,321	1	160	0,572
	Basándose en la mediana	0,268	1	160	0,606
	Basándose en la mediana y gl corr.	0,268	1	159,997	0,606
	Basándose en la media recortada	0,322	1	160	0,571
Fe	Basándose en la media	0,429	1	160	0,513
	Basándose en la mediana	0,429	1	160	0,514
	Basándose en la mediana y gl corr.	0,429	1	158,689	0,514
	Basándose en la media recortada	0,426	1	160	0,515
Mn	Basándose en la media	10,007	1	160	0,002
	Basándose en la mediana	7,901	1	160	0,006
	Basándose en la mediana y gl corr.	7,901	1	144,756	0,006
	Basándose en la media recortada	9,125	1	160	0,003
Zn	Basándose en la media	0,792	1	160	0,375
	Basándose en la mediana	0,542	1	160	0,463
	Basándose en la mediana y gl corr.	0,542	1	158,240	0,463
	Basándose en la media recortada	0,753	1	160	0,387
Cr	Basándose en la media	0,357	1	160	0,551
	Basándose en la mediana	0,162	1	160	0,688
	Basándose en la mediana y gl corr.	0,162	1	145,485	0,688
	Basándose en la media recortada	0,219	1	160	0,640
Ni	Basándose en la media	6,849	1	160	0,010
	Basándose en la mediana	4,901	1	160	0,028
	Basándose en la mediana y gl corr.	4,901	1	134,013	0,029
	Basándose en la media recortada	4,916	1	160	0,028
Tóxicos					
Cd	Basándose en la media	5,033	1	160	0,026
	Basándose en la mediana	3,072	1	160	0,082
	Basándose en la mediana y gl corr.	3,072	1	136,081	0,082
	Basándose en la media recortada	3,820	1	160	0,052
Pb	Basándose en la media	5,260	1	160	0,023
	Basándose en la mediana	2,663	1	160	0,105
	Basándose en la mediana y gl corr.	2,663	1	146,154	0,105
	Basándose en la media recortada	5,463	1	160	0,021

Tras comprobar la no normalidad de los datos a estudio, con excepción del Mn, se procedió a la realización de test no paramétrico (*Kruskal-Wallis*) con el fin de comprobar la existencia o no de diferencias significativas entre el contenido de los metales Na, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Cr, Ni, Cd y Pb según las zonas de estudio (Tabla 72). Para el Mn y debido a la normalidad de los datos se procedió a utilizar test paramétricos (ANOVA) (Tabla 73).

Tabla 72. Resumen de la prueba de hipótesis mediante el test de *Kruskal-Wallis* de las muestras independientes de papas

Hipótesis nula	Sig.	Decisión
Macroelementos		
La distribución de Na es la misma entre las categorías de zona	0,003	Rechazar la hipótesis nula
La distribución de K es la misma entre las categorías de zona	0,290	Retener la hipótesis nula
La distribución de Ca es la misma entre las categorías de zona	0,056	Retener la hipótesis nula
La distribución de Mg es la misma entre las categorías de zona	0,212	Retener la hipótesis nula
Microelementos		
La distribución de Cu es la misma entre las categorías de zona	0,421	Retener la hipótesis nula
La distribución de Fe es la misma entre las categorías de zona	0,119	Retener la hipótesis nula
La distribución de Zn es la misma entre las categorías de zona	0,110	Retener la hipótesis nula
La distribución de Cr es la misma entre las categorías de zona	0,000	Rechazar la hipótesis nula
La distribución de Ni es la misma entre las categorías de zona	0,001	Rechazar la hipótesis nula
Tóxicos		
La distribución de Cd es la misma entre las categorías de zona	0,351	Retener la hipótesis nula
La distribución de Pb es la misma entre las categorías de zona	0,624	Retener la hipótesis nula

Sig. Nivel de significación es 0,05

Tabla 73. Prueba paramétrica ANOVA para el Mn según las zonas

Mn	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	8,273	1	8,273	14,319	0,000
Intra-grupos	94,175	163	0,578		
Total	102,448	164			

Los resultados de esta prueba se muestran a continuación:

Sodio

La concentración media de sodio en las papas procedentes de la zona Sur ($176,7 \pm 90,61$ mg/Kg) fue superior en comparación a la de las papas procedentes de la zona Norte de la isla ($127,8 \pm 72,46$ mg/Kg). Este resultado es posible explicarlo debido a que los suelos localizados en el sur de la isla se caracterizan por ser más áridos y arenosos. Respecto a este metal, existen diferencias significativas entre ambas zonas de producción (Figura 45).

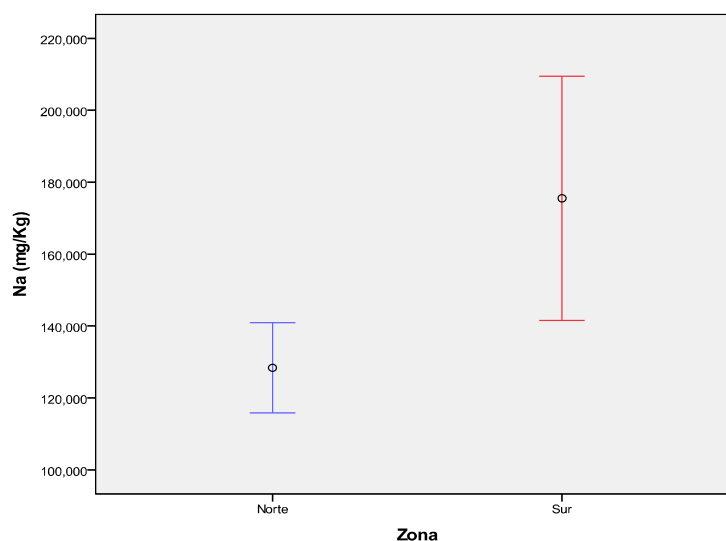


Figura 45. Concentraciones de Na en las papas según las zonas de producción.

Potasio

Respecto al contenido de este metal en las papas, entre ambas zonas de producción de la isla de Tenerife no se determinó la existencia de diferencias significativas. Las papas de la zona Sur reflejaron una concentración media de potasio más alta (4610 ± 1821 mg/Kg) en comparación con las de la zona Norte (4027 ± 1517 mg/Kg) (Figura 46).

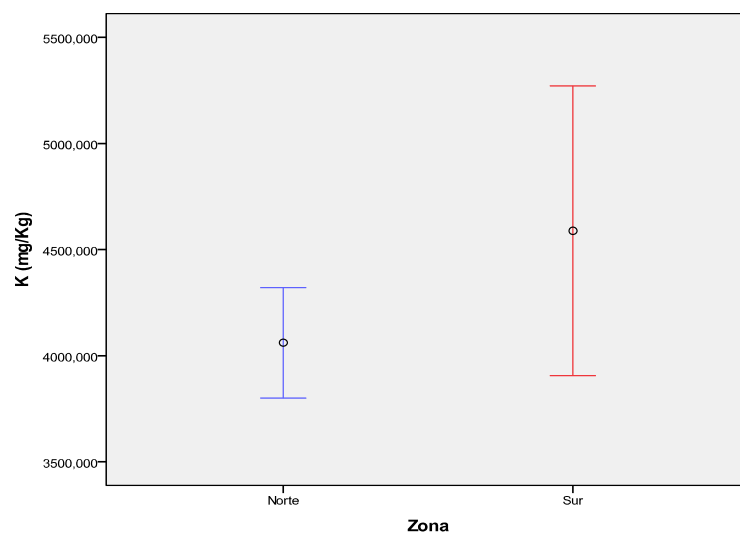


Figura 46. Concentraciones de K en las papas según las zonas de producción.

Calcio

Las papas procedentes de la zona Norte presentaron mayores contenidos de calcio ($70,26 \pm 60,73$ mg/Kg), aunque el estudio estadístico reveló la no existencia de diferencias significativas entre ambas zonas de producción, tal y como se puede observar en la Figura 47.

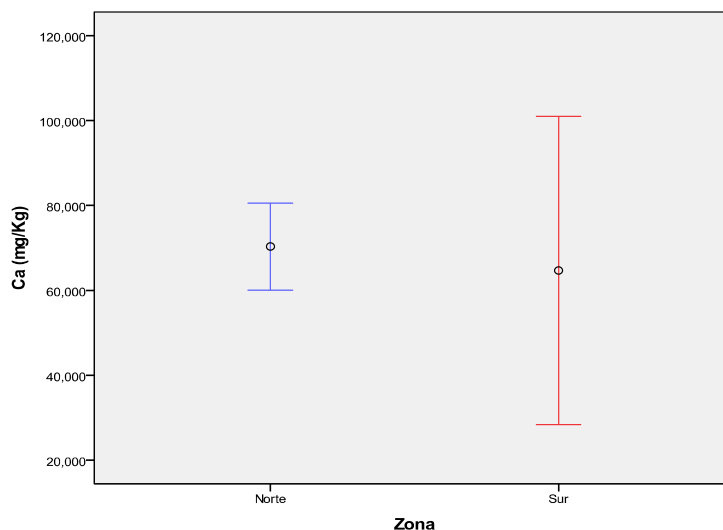


Figura 47. Concentraciones de Ca en las papas según las zonas de producción.

Magnesio

Las papas que procedían de la zona Norte reflejaron una concentración media de magnesio más alta ($282,6 \pm 153,3$ mg/Kg) en comparación con las procedentes de la zona Sur ($254,5 \pm 138,3$ mg/Kg), no existiendo diferencias significativas entre ambas zonas de producción respecto al contenido en este metal (Figura 48).

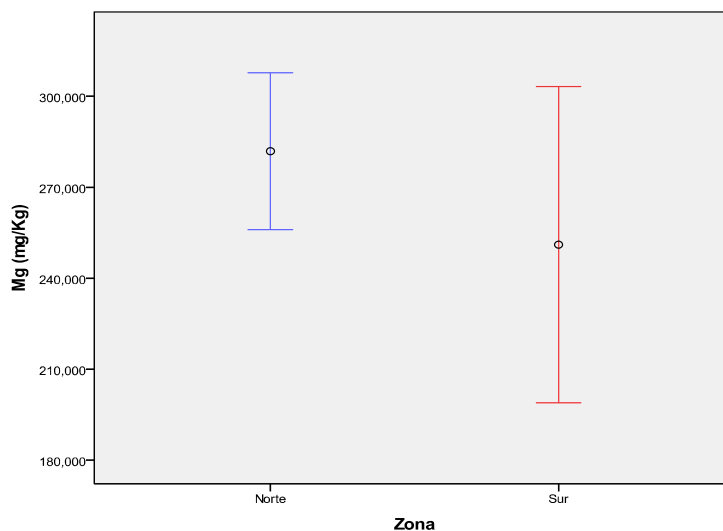


Figura 48. Concentraciones de Mg en las papas según las zonas de producción.

Cobre

Respecto al contenido de este metal en las papas, los mayores contenidos se reflejaron en los tubérculos procedentes de la zona Norte ($1,304 \pm 0,650$ mg/Kg) aunque, tal y como se puede observar en la Figura 49, no existían diferencias significativas entre ambas zonas de producción.

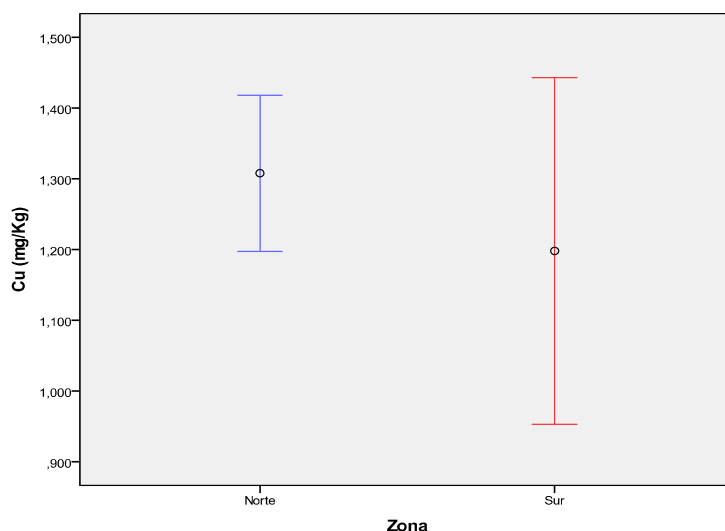


Figura 49. Concentraciones de Cu en las papas según las zonas de producción.

Hierro

Las papas procedentes de la zona Norte de la isla reflejaron una concentración media de hierro más alta ($4,773 \pm 1,294$ mg/Kg) con respecto a la de la zona Sur ($4,385 \pm 1,344$ mg/Kg). No se presentaron diferencias significativas entre ambas zonas de producción, aunque este hecho se puede deber a la alta variabilidad de los contenidos de este metal en las papas recogidas de la zona Sur (Figura 50).

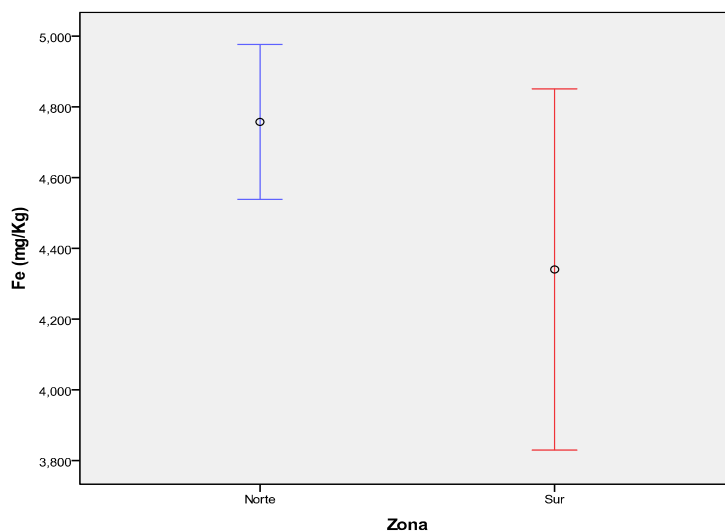


Figura 50. Concentraciones de Fe en las papas según las zonas de producción.

Manganeso

La concentración media de manganeso en las papas procedentes de la zona Norte ($1,677 \pm 0,808$ mg/Kg) fue superior con respecto a la de la zona Sur ($1,101 \pm 0,397$ mg/Kg), existiendo diferencias significativas en cuanto a su contenido entre ambas zonas de producción (Figura 51).

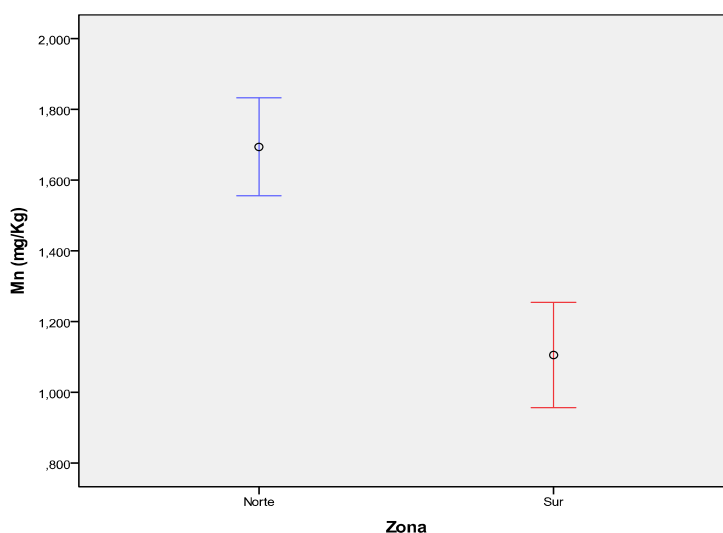


Figura 51. Concentraciones de Mn en las papas según las zonas de producción.

Zinc

Las papas procedentes de la zona Norte reflejaron una concentración media de zinc más alta ($3,438 \pm 0,970$ mg/Kg) en comparación con la de la zona Sur ($3,175 \pm 1,077$ mg/Kg). No existen diferencias significativas entre ambas zonas de producción, existiendo una alta variabilidad en cuanto a la concentración de este metal en las papas procedentes de la zona Sur de la isla de Tenerife, tal y como se puede observar en la Figura 52.

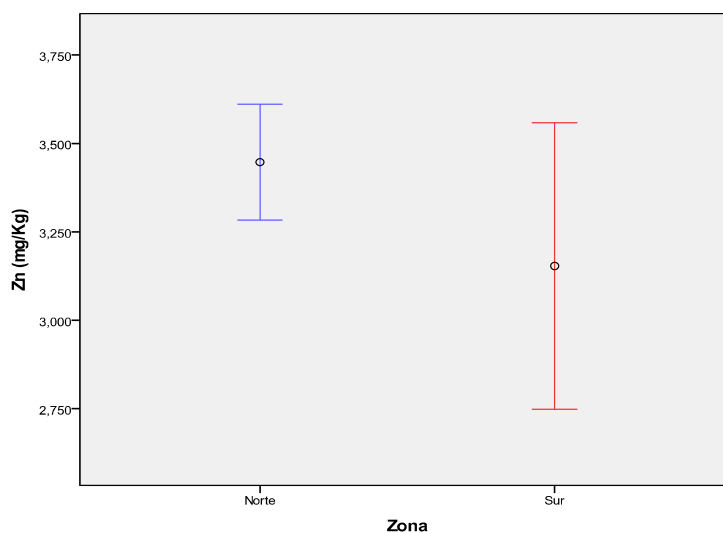


Figura 52. Concentraciones de Zn en las papas según las zonas de producción.

Cromo

La concentración media de cromo en las papas procedentes de la zona Norte ($0,019 \pm 0,007$ mg/Kg) fue superior con respecto a la de la zona Sur ($0,011 \pm 0,005$ mg/Kg), existiendo diferencias significativas claras entre el contenido de este metal en las papas según su zona de producción (Figura 53).

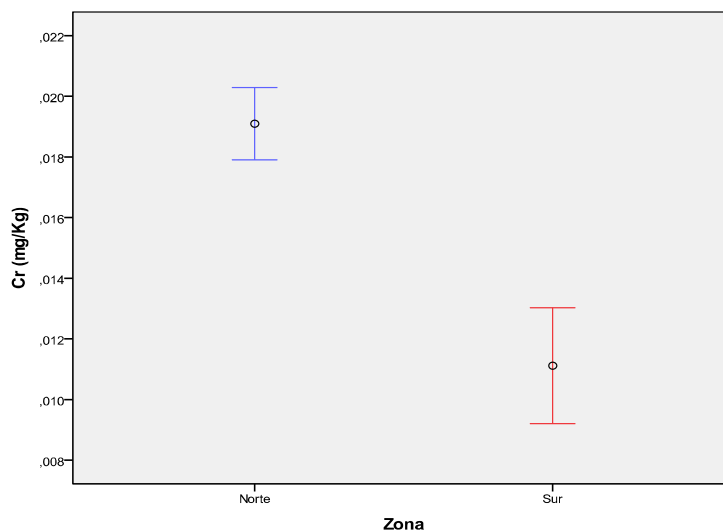


Figura 53. Concentraciones de Cr en las papas según las zonas de producción.

Níquel

Las papas procedentes de la zona Norte de la isla de Tenerife reflejaron una mayor concentración media de níquel ($0,058 \pm 0,059$ mg/Kg) con respecto a la de la zona Sur ($0,034 \pm 0,010$ mg/Kg), diferenciándose además significativamente respecto al contenido de este metal según la localización de los tubérculos (Figura 54).

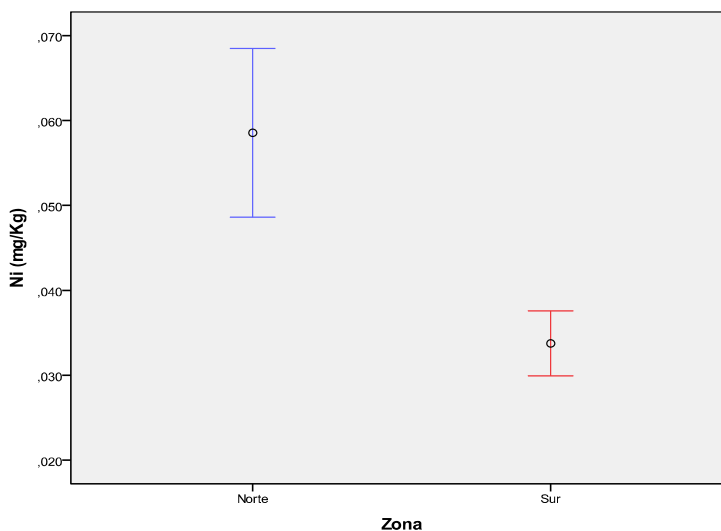


Figura 54. Concentraciones de Ni en las papas según las zonas de producción.

Cadmio

El contenido de cadmio en las papas procedentes del Norte de la isla ($0,010 \pm 0,011$ mg/Kg) fue superior en comparación al de la zona Sur ($0,007 \pm 0,004$ mg/Kg), no existiendo diferencias significativas entre ambas zonas de producción (Figura 55). Asimismo, para ambas zonas de producción, el contenido de este metal en estos tubérculos fue inferior al límite máximo de 0,1 mg/Kg fijado por el Reglamento 1881/2006 de la Comisión Europea.

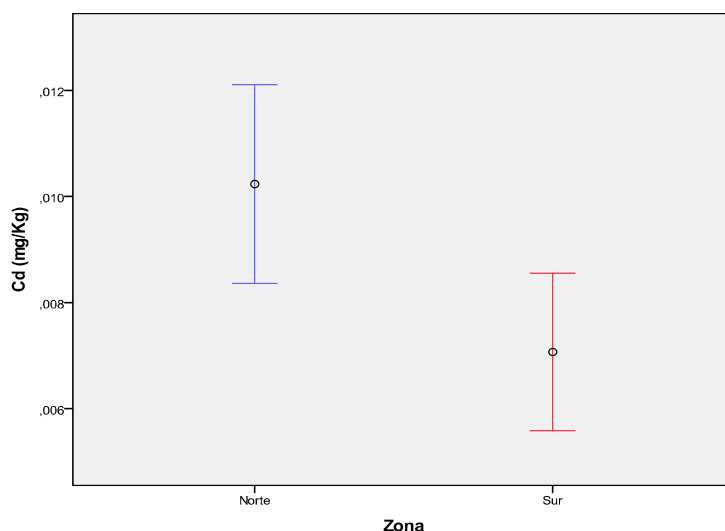


Figura 55. Concentraciones de Cd en las papas según las zonas de producción.

Plomo

Entre ambas zonas de producción de la isla de Tenerife no se determinó la existencia de diferencias significativas. Las papas procedentes de la zona Sur reflejaron una mayor concentración media de plomo ($0,010 \pm 0,013$ mg/Kg) en comparación con la de la zona Norte ($0,006 \pm 0,010$ mg/Kg) (Figura 56). Los niveles de plomo obtenidos en las papas de ambas zonas de producción se sitúan por debajo del límite máximo ($0,1$ mg/Kg peso fresco) fijado por el Reglamento 1881/2006 de la Comisión Europea.

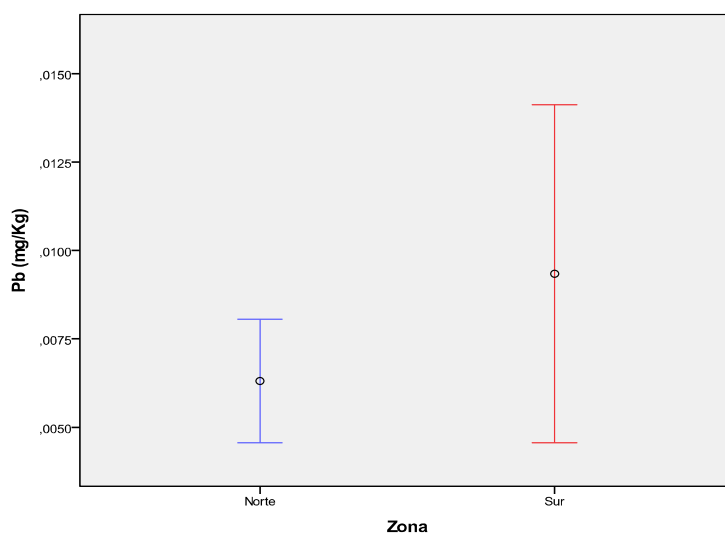


Figura 56. Concentraciones de Pb en las papas según las zonas de producción.

4.1.2. ESTUDIOS DE CORRELACIONES INTERMETÁLICAS EN LAS PAPAS

Los estudios de correlación estadística realizados entre los metales analizados ponen de manifiesto la interdependencia, tanto positiva como negativa, entre los metales estudiados para la papa. Para el estudio de las posibles correlaciones, tanto positivas como negativas, entre las concentraciones de los metales estudiados en las papas se utilizó el test de correlaciones de *Rho de Spearman*. Los resultados de este test para las papas analizadas se muestran en la Tabla 74.

Tabla 74. Estudio de correlaciones intermetálicas de las papas analizadas

	Na	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	Cr	Ni	Cd	Pb
Na	1	-0,093 ^a (0,233)	0,133 ^a (0,088)	0,192 ^{a*} (0,013)	0,058 ^a (0,457)	0,179 ^{a*} (0,022)	-0,195 ^{a*} (0,012)	-0,236 ^{a**} (0,002)	0,111 ^a (0,156)	-0,030 ^a (0,706)	0,043 ^a (0,589)	0,121 ^a (0,122)
K		1	0,080 ^a (0,304)	-0,130 ^a (0,097)	0,130 ^a (0,097)	-0,184 ^{a*} (0,018)	0,133 ^a (0,089)	0,212 ^{a**} (0,006)	-0,205 ^{a**} (0,008)	0,050 ^a (0,521)	-0,141 ^a (0,074)	-0,247 ^{a**} (0,001)
Ca			1	-0,022 ^a (0,784)	0,121 ^a (0,122)	0,119 ^a (0,127)	0,014 ^a (0,860)	-0,041 ^a (0,602)	0,207 ^{a**} (0,008)	0,233 ^{a**} (0,003)	-0,078 ^a (0,322)	0,082 ^a (0,297)
Mg				1	-0,045 ^a (0,567)	0,199 ^{a*} (0,010)	0,215 ^{a**} (0,006)	0,193 ^{a*} (0,013)	0,087 ^a (0,265)	0,054 ^a (0,494)	0,003 ^a (0,970)	0,160 ^{a*} (0,040)
Cu					1	-0,141 ^a (0,071)	0,154 ^{a*} (0,048)	0,243 ^{a**} (0,002)	0,166 ^{a*} (0,033)	0,281 ^{a**} (0,000)	0,038 ^a (0,630)	0,172 ^{a*} (0,027)
Fe						1	-0,050 ^a (0,527)	0,086 ^a (0,272)	0,168 ^{a*} (0,031)	0,052 ^a (0,510)	0,195 ^{a*} (0,013)	0,093 ^a (0,234)
Mn							1	-0,419 ^{a**} (0,000)	0,090 ^a (0,253)	0,149 ^a (0,056)	0,186 ^{a*} (0,018)	-0,011 ^a (0,886)
Zn								1	0,025 ^a (0,753)	0,169 ^{a*} (0,030)	0,019 ^a (0,810)	-0,073 ^a (0,352)
Cr									1	0,353 ^{a**} (0,000)	0,097 ^a (0,220)	0,066 ^a (0,398)
Ni										1	0,099 ^a (0,212)	0,000 ^a (0,999)
Cd											1	0,011 ^a (0,893)
Pb												1

a. Coeficientes de correlación de Rho de Spearman
 (.). Nivel de significación
 *. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).
 **. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

En el grupo de las papas se han encontrado correlaciones positivas entre los metales calcio-cromo, calcio-níquel, cobre-níquel, cromo-níquel, zinc-potasio, manganeso-magnesio, hierro-cobre y cobre-zinc y negativas entre los metales sodio-zinc, potasio-cromo, potasio-plomo y manganeso-zinc (Figuras 57-68).

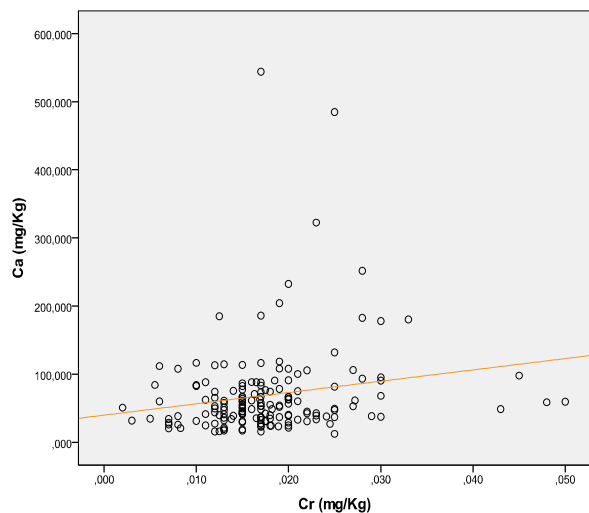


Figura 57. Correlación positiva Ca-Cr

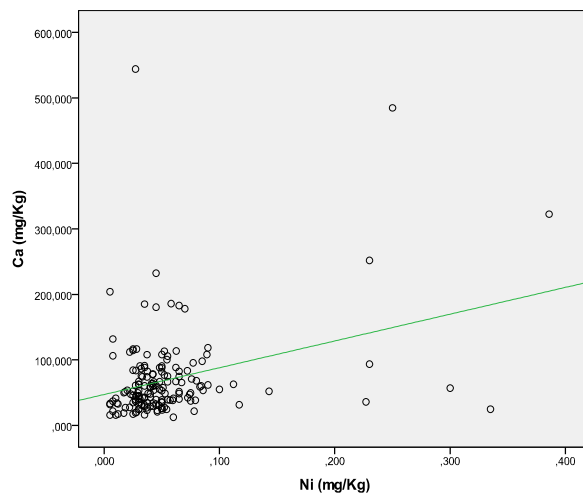


Figura 58. Correlación positiva Ca-Ni

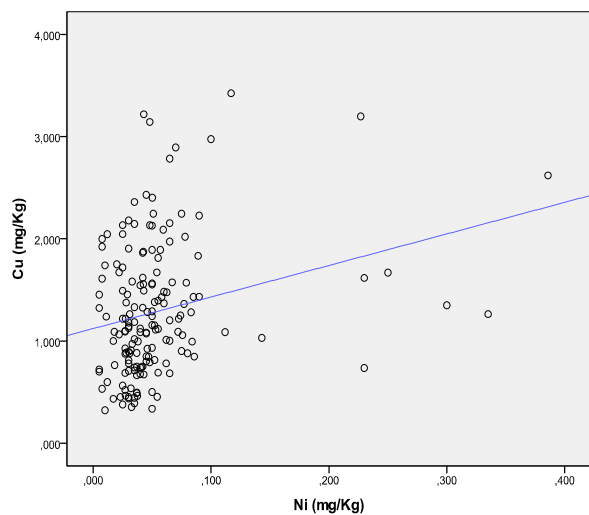


Figura 59. Correlación positiva Cu-Ni

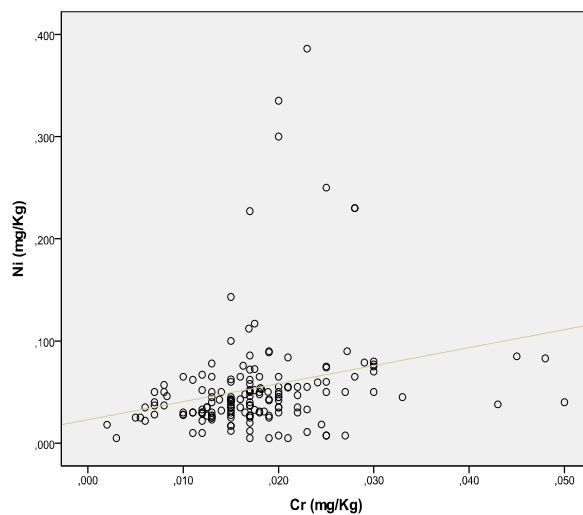


Figura 60. Correlación positiva Ni-Cr

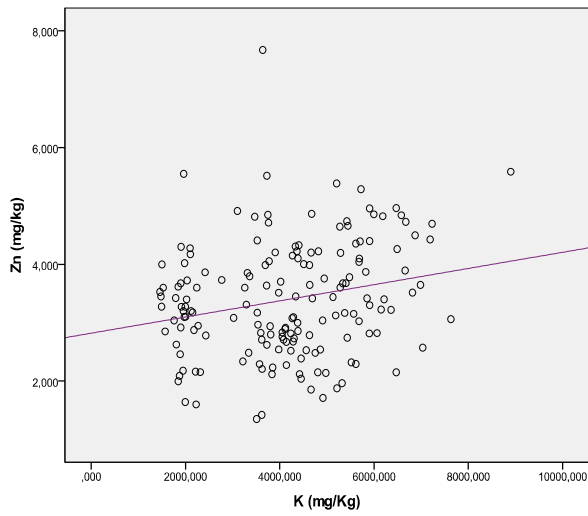


Figura 61. Correlación positiva Zn-K

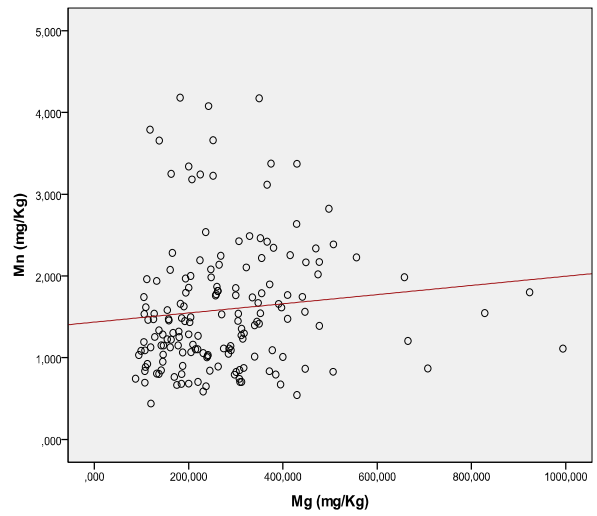


Figura 62. Correlación positiva Mn-Mg

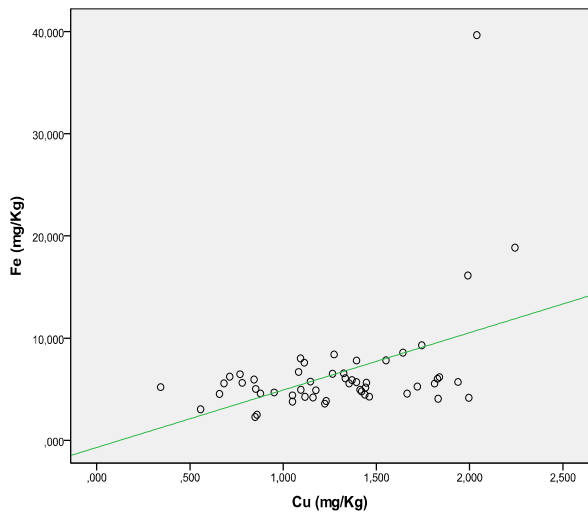


Figura 63. Correlación positiva Fe-Cu

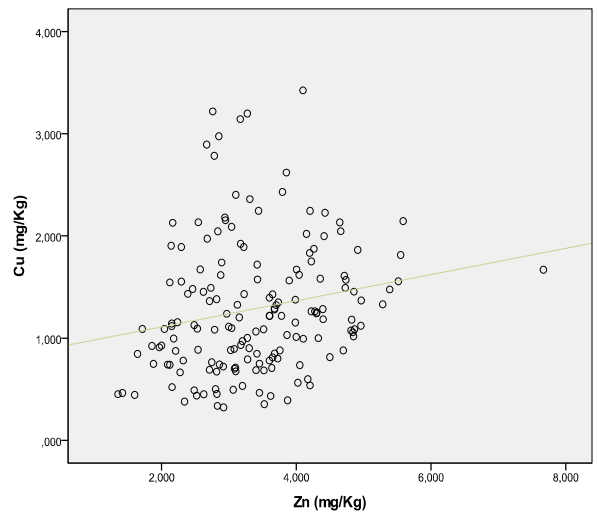


Figura 64. Correlación positiva Cu-Zn

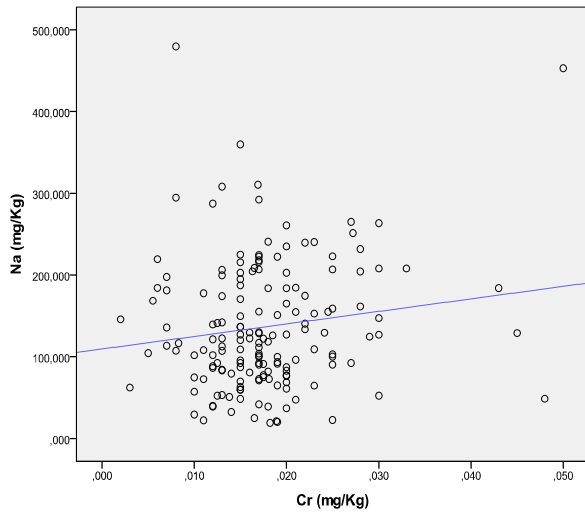


Figura 65. Correlación positiva Na-Cr

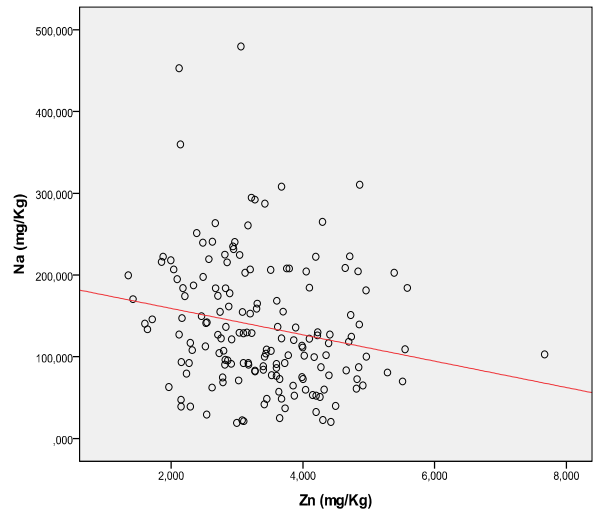


Figura 66. Correlación negativa Na-Zn

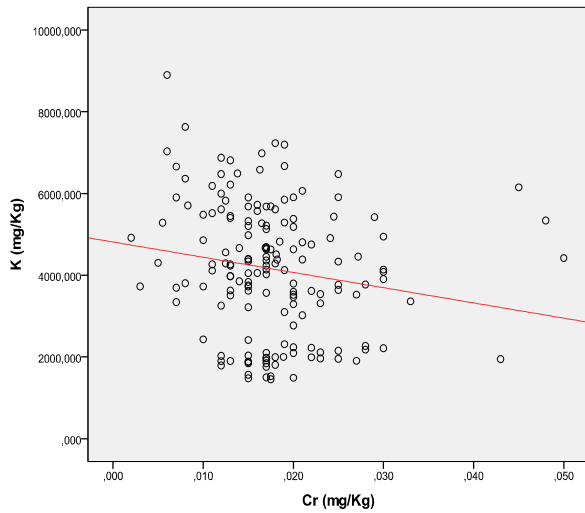


Figura 67. Correlación negativa K-Cr

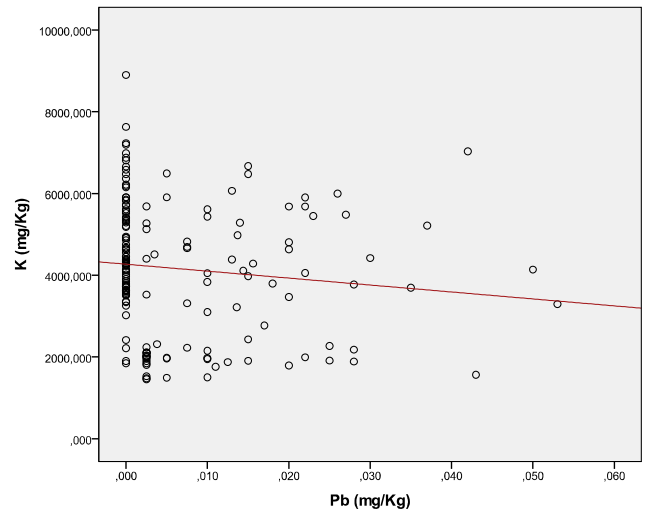


Figura 68. Correlación negativa K-Pb

4.1.3. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE METALES EN PAPAS CON LOS DE OTROS AUTORES

Las Tablas 75 y 76 reflejan una comparación de los niveles medios de metales esenciales y tóxicos en la masa de las papas con los resultados publicados en otros países por otros autores.

Tabla 75a. Comparación del contenido de metales de nuestras papas con los obtenidos por otros autores (mg/Kg peso fresco).

Origen	Na	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	Cr	Ni	Referencia
Polonia	-	-	-	180,9	1,30	5,70	-	4,40	-	-	Krelowska-Kulas, 1993
Canadá	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,089	Dabeka y McKenzie, 1995
Suecia	15,2	4220	42,4	-	-	3,99	-	-	-	-	Torelm y Danielsson, 1998
Nueva Escocia	10-40	11900-14600	100-200	730-840	4,0-4,8	15,5-25,5	2,8-7,2	2,0-13,8	-	-	Warman y Havard, 1998
EEUU	-	20902,7-21559,6	357,5-532,7	1204,6-1166	4,26-5,60	34,95-40,58	6,85-10,43	12,58-17,79	0,38-0,73	0,8-1,03	Anderson y cols., 1999
Dinamarca	-	-	36-39	-	1,11-1,39	3,10-8,10	1,73-2,30	3,3-4,8	-	-	Bibak y cols., 1999
Reino Unido	-	-	109	-	1,3	8,1	1,9	4,5	0,1	0,1	Ysart y cols., 1999
Nigeria	-	-	-	-	0,2	7,5	0,01	-	nd	14,5	Okoye, 2001
España	46-150	3780-4750	77-93	217-270	1,2-1,6	6-10,3	1,3-1,4	4,0-4,1	-	-	Padín y cols., 2001
España	17,1-377	4890-6938	47,6-87,3	188-245	0,54-2,12	7,19-11,2	1,19-2,14	2,18-5,12	-	-	Casañas y cols., 2003a
Eslovenia	-	-	-	-	6,37	-	-	17,0	0,218	<0,2	Milacic y Kralj, 2003
Arabia Saudí	2720	1700	384	1668	0,88	48,2	5,67	4,5	-	10,74	Mohamed y cols., 2003

nd. Valor no detectado.

Tabla 75b. Comparación del contenido de metales de nuestras papas con los obtenidos por otros autores (mg/Kg peso fresco) (continuación).

Origen	Na	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	Cr	Ni	Referencia
India	-	-	-	-	0,33-1,24	-	0,22-2,83	1,67-6,44	-	0,06-0,45	Roychowdhury y cols., 2003
Italia	-	-	-	-	0,68-2,79	-	-	0,80-2,79	-	-	Dugo y cols., 2004
Chile	-	-	-	-	1,10	2,45	-	2,16	-	-	Olivares y cols., 2004
Brasil	-	-	-	-	0,7-2,0	-	1,1-2,0	1,6-4,5	0,01	0,013	Santos y cols., 2004
Pakistan	113	2400	80	-	-	7,5	-	-	0,07	-	Rumeza y cols., 2006
Colombia	20	2410-2960	140-160	160	0,6-1,1	4-7,4	1,3-2,9	2,3-4,5	nd	0,2	Leterme y cols., 2006
Alemania	-	-	-	-	-	-	-	3,29	-	-	Scherz y Kirchhoff, 2006
India	180	19800	100	-	-	69,7	6,68	21,2	1,64	-	Singh y Garg, 2006
Perú	-	-	-	-	-	2,2-10,5	-	2,2-5,6	-	-	Burgos y cols., 2007
Egipto	-	-	-	-	0,110-1,828	0,138-76,89	0,198-1,299	0,637-3,971	nd-2,352	nd-0,652	Mansour y cols., 2009
Suecia	298	4240	52	225	0,77	3,94	1,72	2,77	0,005	0,03	Becker y cols., 2011
España	136,7	4154	66,38	276,5	1,289	4,672	1,590	3,396	0,018	0,054	Este estudio, 2012

nd. Valor no detectado.

Tabla 76. Comparación del contenido medio de cadmio y plomo de nuestras papas con los obtenidos por otros autores (mg/Kg).

Origen	Cd	Pb	Referencia
EEUU	0,031	0,009	Wolnik y cols., 1983a
España	0,005-0,031	0,076-0,132	Bosque y cols., 1990
Polonia	0,035-0,048	0,07-0,08	Krelowska-Kulas, 1993
Canadá	0,0345-0,0462	0,0078-0,022	Dabeka y McKenzie, 1992
Canadá	0,0291	0,0101	Dabeka y McKenzie, 1995
Suecia	1,10	-	Öborn y cols., 1995
Australia	0,03-0,06	-	McLaughlin y cols., 1995
Finlandia	0,001-0,037	0,004-0,007	Tahvonen y Kumpulainen, 1998
Estados Unidos	0,25-0,33	1,49-2,09	Anderson y cols., 1999
Dinamarca	0,045-0,067	0,0034-0,0057	Bibak y cols., 1999
Reino Unido	0,03	0,01	Ysart y cols., 1999
Nigeria	0,28	-	Onianwa y cols., 2000
Chile	0,002-0,017	0,0096-0,014	Queirolo y cols., 2000
Reino Unido	0,026	0,003	Ysart y cols., 2000
Nigeria	0,1	nd	Okoye, 2001
Dinamarca	0,0205	0,009	Larsen y cols., 2002
Eslovenia	0,395	<0,2	Milacic y Kralj, 2003
Arabia Saudí	0,84	2,81	Mohamed y cols., 2003
Italia	0,01-0,022	0,062-0,26	Dugo y cols., 2004
Brasil	0,0022-0,01	nd-0,01	Santos y cols., 2004
Chile	0,008	0,03	Muñoz y cols., 2005
España	-	0,00071	Rubio y cols., 2005
España	0,00577	-	Rubio y cols., 2006
Suecia	0,02-0,04	-	Hellström y cols., 2007
Egipto	nd-0,069	0,037-0,624	Mansour y cols., 2009
Suecia	0,006-0,025	<0,002-0,004	Becker y cols., 2011
España	0,010	0,014	Este estudio, 2012

nd. Valor no detectado

Al comparar las concentraciones de los metales analizados en las papas con las obtenidas por otros autores destacamos los siguientes resultados:

Sodio (Tablas 75a y 75b): El contenido medio de sodio (136,6 mg/Kg) en nuestras papas se encuentra dentro del intervalo de concentraciones propuestas por Padín y cols. (2001) y Casañas y cols. (2003), mientras que es inferior a las recogidas por Mohamed y cols. (2003), Singh y Garg (2006) y Becker y cols. (2011), y superior a las fijadas por el resto de los autores consultados. Los estudios realizados por Erefej (1998) argumentan que los contenidos de sodio en las papas están influenciados por la viabilidad del metal en el suelo.

Potasio (Tablas 75a y 75b): Las papas consumidas en Canarias presentan contenidos en potasio (4154 mg/Kg) comprendidos en el rango de concentración propuesto por Padín y cols. (2001). Asimismo, se puede observar que las concentraciones propuestas por nosotros son superiores a las de Mohamed y cols. (2003), Rumeza y cols. (2006) y Leterme y cols. (2006), respectivamente.

Calcio (Tablas 75a y 75b): Comparando los valores de calcio en estos tubérculos con los obtenidos en otros estudios se observa que nuestra concentración media (66,38 mg/Kg) se encuentra dentro del intervalo de concentraciones propuestas por Casañas y cols. (2003), es superior a las recogidas por Torelm y Danielsson (1998), Bibak y cols. (1999) y Becker y cols. (2011), e inferior a las de los demás autores.

Magnesio (Tablas 75a y 75b): El contenido medio de magnesio (276,5 mg/Kg) es ligeramente superior al intervalo de concentraciones que propone Padín y cols. (2001), superiores a los encontrados por Krelowska-Kulas (1993), Casañas y cols. (2003), Leterme y cols. (2006) y Becker y cols. (2011), e inferior al resto de las fuentes consultadas.

Cobre (Tablas 75a y 75b): Al estudiar los resultados obtenidos en las papas se observa que la concentración media de cobre (1,289 mg/Kg) se encuentran entre los rangos de concentración expuestos por diferentes fuentes consultadas (Bibak y cols., 1999; Padín y cols., 2001; Casañas y cols., 2003; Dugo y cols., 2004; Santos y cols., 2004 y Mansour y cols., 2009), muy similar a las recogidas por Krelowska-Kulas (1993) e Ysart y cols. (1999), inferior a las propuestas por Warman y Havard (1998), Anderson y cols. (1999) y Milacic y Kralj (2003) y superior a las fijadas por el resto de los autores consultados.

Hierro (Tablas 75a y 75b): Las muestras de papas analizadas, comparadas con las de otros autores, presentaron una concentración media de hierro (4,672 mg/Kg) comprendida dentro del intervalo de concentraciones propuestas por Bibak y cols. (1999), Leterme y cols. (2006), Burgos y cols. (2007) y Mansour y cols. (2009), mientras que son superiores a las establecidas por Torelm y Danielsson (1998), Olivares y cols. (2004) y Becker y cols. (2011), e inferiores al del resto de las referencias consultadas.

Manganeso (Tablas 75a y 75b): El valor medio de manganeso en las papas (1,590 mg/Kg) se encuentra entre los rangos de concentración expuestos

por Casañas y cols. (2003), Roychowdhury y cols. (2003), Santos y cols. (2004) y Leterme y cols. (2006), mientras que es superior a las recogidas por Okoye (2001), Padin y cols. (2001) y Mansour y cols. (2009) e inferior al resto.

Zinc (Tablas 75a y 75b): Comparando los valores de zinc obtenido en las papas analizadas en este estudio (3,396 mg/Kg) se puede observar que éste es similar al de Scherz y Kirchhoff (2006), superior a los fijados por Dugo y cols. (2004), Olivares y cols. (2004) y Becker y cols. (2011), inferior a las recogidas por Krelowska-Kulas (1993), Anderson y cols. (1999), Ysart y cols. (1999), Padín y cols. (2001), Milacic y Kralj (2003), Mohamed y cols. (2003) y Singh y Garg (2006) y entra dentro de los intervalos propuestos por el resto de las referencias consultadas.

Cromo (Tablas 75a y 75b): Exceptuando a Santos y cols. (2004) y Becker y cols. (2011), que presentaron concentraciones de cromo inferiores a las de este estudio, nuestra concentración media de cromo (0,018 mg/Kg) resultó ser superior a las fijadas por el resto. En los estudios realizados por Baghour y cols. (2001) se comprobó que las papas absorbían aproximadamente un 80-85% del metal.

Níquel (Tablas 75a y 75b): Las fuentes citadas en la tabla recogen para papas, niveles de níquel de nd (no detectado) - 10,74 mg/Kg y la concentración media de este elemento obtenida en este estudio fue 0,054 mg/Kg, lo que significa que las papas consumidas por la población canaria contienen niveles de níquel dentro del intervalo anterior. Los valores en este estudio son ligeramente superiores a los expuestos por los autores Santos y cols. (2004) y Becker y cols. (2011), e inferiores al del resto de las fuentes consultadas. Chen y cols. (2009) demostró que los tubérculos retenían aproximadamente un 50% del níquel total.

Cadmio (Tabla 76): Las papas analizadas en este estudio presentaron un contenido de cadmio de 0,010 mg/Kg, encontrándose entre los rangos de concentración expuestos por Bosque y cols. (1990), Tahvonen y Kumpulainen (1998), Queirolo y cols. (2000), Santos y cols. (2004), Mansour y cols. (2009) y Becker y cols. (2011). Asimismo, este valor medio de este metal tóxico es superior a los fijados por Muñoz y cols. (2005) y Rubio y cols. (2006), e inferior al del resto de las fuentes citadas.

Cabe destacar que diversos investigadores han argumentado que la distribución de cadmio en las papas no es homogénea (Dunbar y cols., 2003; Reid y cols., 2003; Maiga y cols., 2005; Sekara y cols., 2005) y su acumulación en el tubérculo puede llegar a contribuir significativamente en la dieta total (Hellström y cols., 2007). La tendencia de absorberse en el tubérculo es promovida por una serie de factores tales como el uso de aguas residuales en los cultivos (Mench, 1998; Lucho-Constantino y cols. 2005; Khan y cols., 2008), la aplicación de abonos y fertilizantes principalmente fosfatados (Alam y cols., 2003; Westermann, 2005), la variación de propiedades físico-químicas de los suelos (pH, condiciones anaerobias de los suelos, presencia de metales) donde las papas crecen (Guttormsen, 1990; Gzyl, 1990; Öborn y cols., 1995; Mench, 1998; Bartl y cols., 2002; Hellström y cols., 2007; Islam y cols., 2007).

El Reglamento (CE) N°1881/2006 de la Comisión de las Comunidades Europeas fija los contenidos máximos permitidos de metales tóxicos, expresados en mg/Kg peso fresco, para las papas peladas. De acuerdo a la legislación vigente, el límite máximo de cadmio en los tubérculos pelados es de 0,10 mg/Kg por lo que los niveles de cadmio obtenidos en las muestras de papas analizadas no superan en ningún caso el anteriormente mencionado límite máximo no suponiendo riesgo para el consumidor.

Plomo (Tabla 76): Al estudiar los resultados obtenidos para las papas se observa que nuestra concentración media de plomo (0,014 mg/Kg) se encuentra dentro del intervalo de concentraciones propuestas por Dabeka y McKenzie (1992) y Queirolo y cols. (2000), mientras que es inferior a las recogidas por Bosque y cols. (1990), Krelowska-Kulas (1993), Anderson y cols. (1999), Mohamed y cols. (2003), Dugo y cols. (2004), Muñoz y cols. (2005) y Mansour y cols. (2009), y superior a las fijadas por el resto de los autores consultados.

Diversas investigaciones han argumentado que existe una mayor acumulación de plomo y otros metales tóxicos en las papas cultivadas en regiones urbanas como consecuencia de la contaminación de sus suelos por la industrialización (Ellen y cols., 1990; Gzyl, 1990; Pilgrim y Schroeder, 1997; Gichner y cols., 2006).

Respecto a este metal tóxico, el Reglamento (CE) N°1881/2006 de la Comisión de Comunidades Europeas fija un contenido máximo de plomo de 0,10 mg/Kg peso fresco para las papas peladas. Las concentraciones de plomo en las

muestras de papas analizadas en este estudio no superan en ningún caso este límite máximo establecido por lo que no supone riesgo para el consumidor.

En resumen, numerosas investigaciones demuestran que el contenido metálico en las papas es un reflejo de la composición mineral del suelo, del medio ambiente (Mondy y cols., 1984; Anderson y cols., 1999; Lister y Monro, 2000; Padín y cols., 2001), la zona de producción, las variedades de papas, las prácticas agrícolas y condiciones de almacenamiento, envasado y comercialización (Mondy y cols., 1984; Stalikas y cols., 1997; Lister y Monro, 2000; Padín y cols., 2001).

La Tabla 77 muestra una comparación de los niveles medios de metales esenciales en la masa de las papas con los resultados publicados en las tablas de composición de los alimentos.

Tabla 77. Comparación de los contenidos medios de metales esenciales obtenidos en este estudio con las tablas de composición de los alimentos (mg/Kg).

Na	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	Referencia
30	4430	90	250	-	10,0	-	-	Elmadfa, 1998
70	5700	90	250	-	6,0	-	3,0	Moreiras y cols., 1998
100	5700	72	199	-	7,8	-	2,7	Mataix y cols., 1998
50	4450	100	250	1,50	4,0	1,5	2,7	Senser y Scherz, 1999
140	5250	110	200	-	7,0	-	3,0	Farrán y cols., 2004
70	5700	90	250	-	6,0	-	3,0	Moreiras y cols., 2006
27	4180	64	210	-	4,3	-	3,4	Ortega y cols., 2006
30-70	5230-5700	90-130	250-320	-	6,0-9,0	-	3,0	Ara, 2007
136,7	4154	66,38	276,5	1,289	4,672	1,59	3,4	Este estudio, 2012

Comparando los valores de elementos esenciales presentes en las tablas de composición de los alimentos con los obtenidos en este estudio se observa que los contenidos de metales en las papas analizadas resultan ser similares a los de las fuentes consultadas destacando los siguientes resultados (Tabla 77):

Sodio: Los niveles de sodio determinados en las papas comercializadas en Tenerife son ligeramente superiores a los expuestos por los autores consultados, con excepción de Farrán y cols. (2004) que son similares.

Potasio: Se puede observar que las concentraciones de potasio obtenidas en este estudio son inferiores a las propuestas por las referencias consultadas.

Calcio: Al comparar el contenido de este metal en las papas se observa el valor medio obtenido en este estudio es similar al citado por Ortega y cols. (2006) e inferior al resto de los autores consultados.

Magnesio: Las concentraciones de magnesio se encuentran dentro del intervalo de concentraciones propuesto por Ara (2007) mientras que son inferiores al resto de referencias consultadas.

Cobre: Al estudiar los resultados obtenidos se observa que la concentración de cobre en las muestras de papas estudiadas es inferior a la fijada por Senser y Scherz (1999).

Hierro: Los niveles de hierro son similares a los obtenidos por Senser y Scherz (1999) y Ortega y cols. (2006), e inferior al resto de los autores consultados.

Manganeso: Los niveles de manganeso obtenidos en este estudio son similares a los de Senser y Scherz (1999).

Zinc: Las fuentes citadas en la Tabla 77 recogen niveles de zinc comprendidos entre 2,7 mg/Kg y 3,4 mg/Kg, lo que significa que el contenido medio de este metal obtenido en las papas analizadas se encuentra dentro del intervalo de concentraciones propuesto por las referencias consultadas.

4.2. BATATAS

4.2.1. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE METALES EN LA MASA DE LAS BATATAS

4.2.1.1. SEGÚN LAS VARIEDADES DE BATATAS

Las concentraciones medias y las desviaciones estándar de los metales analizados en las distintas variedades de batatas se puede observar en la Tabla 78.

Tabla 78. Niveles medios y desviación estándar de metales en la masa de distintas variedades de batatas (mg/kg peso fresco).

Metal	Variedad		
	Blanca	Roja	Yema de huevo
Macroelementos			
Na	564,4 ± 381,0	324,1 ± 91,83	559,6 ± 229,8
K	4510 ± 1820	4094 ± 1186	4551 ± 1743
Ca	546,3 ± 646,8	789,1 ± 576,6	321,7 ± 256,4
Mg	706,2 ± 680,9	562,2 ± 371,6	422,2 ± 407,2
Microelementos			
Cu	1,264 ± 0,460	1,452 ± 0,263	1,156 ± 0,469
Fe	7,195 ± 6,996	6,637 ± 2,965	4,817 ± 1,718
Mn	2,713 ± 2,222	2,578 ± 1,694	1,742 ± 0,413
Zn	2,499 ± 1,475	2,523 ± 0,455	1,742 ± 0,413
Cr	0,034 ± 0,019	0,023 ± 0,007	0,022 ± 0,013
Ni	0,056 ± 0,021	0,045 ± 0,016	0,030 ± 0,008
Tóxicos			
Cd	0,0011 ± 0,001	0,004 ± 0,0004	0,0008 ± 0,0001
Pb	0,0021 ± 0,004	0,0048 ± 0,011	0,001 ± 0,0023

En líneas generales, las batatas analizadas en este estudio siguen la siguiente secuencia de concentración (Tabla 78):

Potasio (4094 - 4551 mg/Kg) > Magnesio (422,2 - 706,2 mg/Kg) > Calcio (321,7 - 789,1 mg/Kg) > Sodio (324,1 - 564,4 mg/Kg) > Hierro (4,817 - 7,195 mg/Kg) > Zinc (1,742 - 2,523 mg/Kg) > Manganeso (1,742 - 2,713 mg/Kg) > Cobre (1,156 - 1,452 mg/Kg) > Níquel (0,030 - 0,056 mg/Kg) > Cromo (0,022 - 0,034 mg/Kg) > Plomo (0,001 - 0,0048 mg/Kg) > Cadmio (0,0008 - 0,004 mg/Kg).

Respecto a los metales esenciales, tal y como se puede observar en la Tabla 78, variedad de batata Blanca presenta las mayores concentraciones de sodio ($564,4 \pm 381,0$ mg/Kg), magnesio ($706,2 \pm 680,9$ mg/Kg), hierro ($7,195 \pm 6,996$ mg/Kg), manganeso ($2,713 \pm 2,222$ mg/Kg), cromo ($0,034 \pm 0,019$ mg/Kg) y níquel ($0,056 \pm 0,021$ mg/Kg), respectivamente. Los contenidos metálicos más bajos se reflejan en la variedad Yema de Huevo.

Respecto a los metales tóxicos, la variedad de batata Roja presentó los mayores contenidos de Cd ($0,004 \pm 0,0004$ mg/Kg) y Pb ($0,0048 \pm 0,011$ mg/Kg) mientras que los niveles más bajos de Cd y Pb se observaron en la variedad Yema de Huevo ($0,0008 \pm 0,0001$ mg/Kg y $0,001 \pm 0,0023$ mg/Kg, respectivamente).

Con el fin de comprobar si había normalidad de los datos, se usaron los test de *Kolmogorov-Smirnov* y de *Shapiro-Wilk* (Tabla 79) y el estadístico de *Levene* (Tabla 80) para el análisis de homogeneidad de las varianzas de cada uno de los metales. Tal y como se resume en las Tablas 79 y 80, se observa como no existía normalidad de los datos para todos los metales estudiados.

Tabla 79. Pruebas de normalidad en las distintas variedades de batatas.							
Metal	Variedad	Kolmogorov-Smirnov^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Macroelementos							
Na	Blanca	0,267	28	0,000	0,856	28	0,001
	Roja	0,148	14	0,200*	0,969	14	0,865
	Yema Huevo	0,165	11	0,200*	0,951	11	0,655
K	Blanca	0,103	28	0,200*	0,958	28	0,310
	Roja	0,156	14	0,200*	0,953	14	0,614
	Yema Huevo	0,145	11	0,200*	0,944	11	0,569
Ca	Blanca	0,330	28	0,000	0,517	28	0,000
	Roja	0,205	14	0,114	0,802	14	0,005
	Yema Huevo	0,329	11	0,002	0,639	11	0,000
Mg	Blanca	0,229	28	0,001	0,815	28	0,000
	Roja	0,278	14	0,004	0,860	14	0,031
	Yema Huevo	0,284	11	0,013	0,720	11	0,001
Microelementos							
Cu	Blanca	0,100	28	0,200*	0,984	28	0,926
	Roja	0,229	14	0,045	0,908	14	0,147
	Yema Huevo	0,269	11	0,026	0,862	11	0,060
Fe	Blanca	0,350	28	0,000	0,459	28	0,000
	Roja	0,290	14	0,002	0,662	14	0,000
	Yema Huevo	0,165	11	0,200*	0,933	11	0,445
Mn	Blanca	0,181	28	0,019	0,856	28	0,001
	Roja	0,164	14	0,200*	0,869	14	0,040
	Yema Huevo	0,160	11	0,200*	0,929	11	0,405
Zn	Blanca	0,230	28	0,001	0,767	28	0,000
	Roja	0,210	14	0,094	0,828	14	0,011
	Yema Huevo	0,146	11	0,200*	0,959	11	0,764
Cr	Blanca	0,254	28	0,000	0,721	28	0,000
	Roja	0,101	14	0,200*	0,979	14	0,968
	Yema Huevo	0,237	11	0,086	0,794	11	0,008
Ni	Blanca	0,128	28	0,200*	0,932	28	0,071
	Roja	0,181	14	0,200*	0,933	14	0,338
	Yema Huevo	0,193	11	0,200*	0,934	11	0,454
Tóxicos							
Cd	Blanca	0,291	28	0,000	0,715	28	0,000
	Roja	0,407	14	0,000	0,616	14	0,000
	Yema Huevo	0,386	11	0,000	0,654	11	0,000
Pb	Blanca	0,375	28	0,000	0,593	28	0,000
	Roja	0,438	14	0,000	0,479	14	0,000
	Yema Huevo	0,471	11	0,000	0,474	11	0,000

a. Corrección de la significación de Liliefors.

gl. Grados de libertad.

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

Tabla 80. Prueba de homogeneidad de la varianza por variedades de batatas.					
		Estadístico Levene	gl1	gl2	Sig.
Macroelementos					
Na	Basándose en la media	11,37	2	50	0,000
	Basándose en la mediana	4,153	2	50	0,021
	Basándose en la mediana y gl corr.	4,153	2	32,376	0,025
	Basándose en la media recortada	10,152	2	50	0,000
K	Basándose en la media	1,955	2	50	0,152
	Basándose en la mediana	1,770	2	50	0,181
	Basándose en la mediana y gl corr.	1,770	2	47,513	0,181
	Basándose en la media recortada	1,972	2	50	0,150
Ca	Basándose en la media	0,900	2	50	0,413
	Basándose en la mediana	0,640	2	50	0,531
	Basándose en la mediana y gl corr.	0,640	2	40,631	0,532
	Basándose en la media recortada	0,663	2	50	0,520
Mg	Basándose en la media	5,554	2	50	0,007
	Basándose en la mediana	2,208	2	50	0,121
	Basándose en la mediana y gl corr.	2,208	2	39,745	0,123
	Basándose en la media recortada	4,753	2	50	0,013
Microelementos					
Cu	Basándose en la media	2,785	2	50	0,071
	Basándose en la mediana	1,861	2	50	0,166
	Basándose en la mediana y gl corr.	1,861	2	41,234	0,168
	Basándose en la media recortada	2,785	2	50	0,071
Fe	Basándose en la media	1,158	2	50	0,322
	Basándose en la mediana	0,518	2	50	0,599
	Basándose en la mediana y gl corr.	0,518	2	31,583	0,601
	Basándose en la media recortada	0,547	2	50	0,582
Mn	Basándose en la media	5,200	2	50	0,009
	Basándose en la mediana	4,092	2	50	0,023
	Basándose en la mediana y gl corr.	4,092	2	39,650	0,024
	Basándose en la media recortada	4,708	2	50	0,013
Zn	Basándose en la media	4,807	2	50	0,012
	Basándose en la mediana	3,218	2	50	0,048
	Basándose en la mediana y gl corr.	3,218	2	29,583	0,054
	Basándose en la media recortada	3,695	2	50	0,032
Cr	Basándose en la media	1,977	2	50	0,149
	Basándose en la mediana	0,977	2	50	0,384
	Basándose en la mediana y gl corr.	0,977	2	34,643	0,387
	Basándose en la media recortada	1,472	2	50	0,240
Ni	Basándose en la media	4,272	2	50	0,019
	Basándose en la mediana	3,269	2	50	0,046
	Basándose en la mediana y gl corr.	3,269	2	37,301	0,049
	Basándose en la media recortada	3,904	2	50	0,027
Tóxicos					
Cd	Basándose en la media	4,728	2	50	0,013
	Basándose en la mediana	1,583	2	50	0,216
	Basándose en la mediana y gl corr.	1,583	2	37,198	0,219
	Basándose en la media recortada	3,577	2	50	0,035
Pb	Basándose en la media	6,209	2	50	0,004
	Basándose en la mediana	1,217	2	50	0,305
	Basándose en la mediana y gl corr.	1,217	2	21,882	0,315
	Basándose en la media recortada	3,845	2	50	0,028

Debido a que se comprobó la no normalidad de los resultados, se procedió a utilizar test estadísticos no paramétricos con el fin de conocer la existencia o no de diferencias significativas entre las distintas variedades de batatas.

Tabla 81. Resumen de la prueba de hipótesis mediante el test de <i>Kruskal-Wallis</i> de las muestras independientes de batatas		
Hipótesis nula	Sig.	Decisión
Macroelementos		
La distribución de Na es la misma entre las categorías de variedad	0,047	Rechazar la hipótesis nula
La distribución de K es la misma entre las categorías de variedad	0,776	Retener la hipótesis nula
La distribución de Ca es la misma entre las categorías de variedad	0,004	Rechazar la hipótesis nula
La distribución de Mg es la misma entre las categorías de variedad	0,452	Retener la hipótesis nula
Microelementos		
La distribución de Cu es la misma entre las categorías de variedad	0,134	Retener la hipótesis nula
La distribución de Fe es la misma entre las categorías de variedad	0,135	Retener la hipótesis nula
La distribución de Mn es la misma entre las categorías de variedad	0,010	Rechazar la hipótesis nula
La distribución de Zn es la misma entre las categorías de variedad	0,006	Rechazar la hipótesis nula
La distribución de Cr es la misma entre las categorías de variedad	0,024	Rechazar la hipótesis nula
La distribución de Ni es la misma entre las categorías de variedad	0,000	Rechazar la hipótesis nula
Tóxicos		
La distribución de Cd es la misma entre las categorías de variedad	0,475	Retener la hipótesis nula
La distribución de Pb es la misma entre las categorías de variedad	0,669	Retener la hipótesis nula

Sig. Nivel de significación es 0,05

Puesto que se puso de manifiesto la existencia de diferencias significativas entre las concentraciones de los metales Na, Ca, Mn, Zn, Cr y Ni con respecto a las distintas variedades de batatas estudiadas mediante el test estadístico de *Kruskal-Wallis* (Tabla 81), se procedió a comprobar entre que variedades de batatas existían estas diferencias. El test que se utilizó fue la prueba de *U de Mann-Whitney* (Tablas 82- 87).

Tabla 82. Estadístico de contraste para el sodio ^b

	Blanca-Roja	Blanca-Yema de Huevo	Roja-Yema de Huevo
U de Mann-Whitney	130,0	137,0	27,00
W de Wilcoxon	235,0	543,0	132,0
Z	-1,761	-0,531	-2,737
Sig. Asintót. (bilateral)	0,078	0,596	0,006
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,080 ^a	0,612 ^a	0,005 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 83. Estadístico de contraste para el calcio ^b

	Blanca-Roja	Blanca-Yema de Huevo	Roja-Yema de Huevo
U de Mann-Whitney	108,0	91,00	25,00
W de Wilcoxon	514,0	157,0	91,00
Z	-2,348	-1,966	-2,847
Sig. Asintót. (bilateral)	0,019	0,049	0,004
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,018 ^a	0,050 ^a	0,003 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 84. Estadístico de contraste para el manganeso ^b

	Blanca-Roja	Blanca-Yema de Huevo	Roja-Yema de Huevo
U de Mann-Whitney	185,0	70,50	24,00
W de Wilcoxon	591,0	136,5	90,00
Z	-0,293	-2,606	-2,901
Sig. Asintót. (bilateral)	0,769	0,009	0,004
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,782 ^a	0,008 ^a	0,003 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 85. Estadístico de contraste para el zinc ^b

	Blanca-Roja	Blanca-Yema de Huevo	Roja-Yema de Huevo
U de Mann-Whitney	131,0	102,0	13,00
W de Wilcoxon	537,0	168,0	79,00
Z	-1,734	-1,623	-3,504
Sig. Asintót. (bilateral)	0,083	0,105	0,000
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,085 ^a	0,109 ^a	0,000 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

	Blanca-Roja	Blanca-Yema de Huevo	Roja-Yema de Huevo
U de Mann-Whitney	115,0	85,50	58,50
W de Wilcoxon	220,0	151,5	124,5
Z	-2,172	-2,146	-1,017
Sig. Asintót. (bilateral)	0,030	0,032	0,309
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,030 ^a	0,031 ^a	0,317 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

	Blanca-Roja	Blanca-Yema de Huevo	Roja-Yema de Huevo
U de Mann-Whitney	140,0	31,50	34,00
W de Wilcoxon	245,0	97,50	100,0
Z	-1,496	-3,827	-2,361
Sig. Asintót. (bilateral)	0,135	0,000	0,018
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,140 ^a	0,000 ^a	0,018 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Los resultados de esta prueba se muestran a continuación:

Sodio

La variedad Blanca presentó las mayores concentraciones de sodio ($564,4 \pm 381,0$ mg/Kg) mientras que los niveles más bajos se reflejaron en la variedad Roja ($324,1 \pm 91,83$ mg/Kg). La concentración media para todas las variedades de batatas fue $499,9 \pm 314,6$ mg/Kg. Cabe destacar que las variedades Blanca y Yema de Huevo mostraron contenidos similares de este metal. El estudio estadístico reveló la no existencia de diferencias significativas entre las variedades Blanca y Yema de Huevo, existiendo diferencias significativas entre la variedad Roja y las restantes variedades de batatas estudiadas (Figura 69).

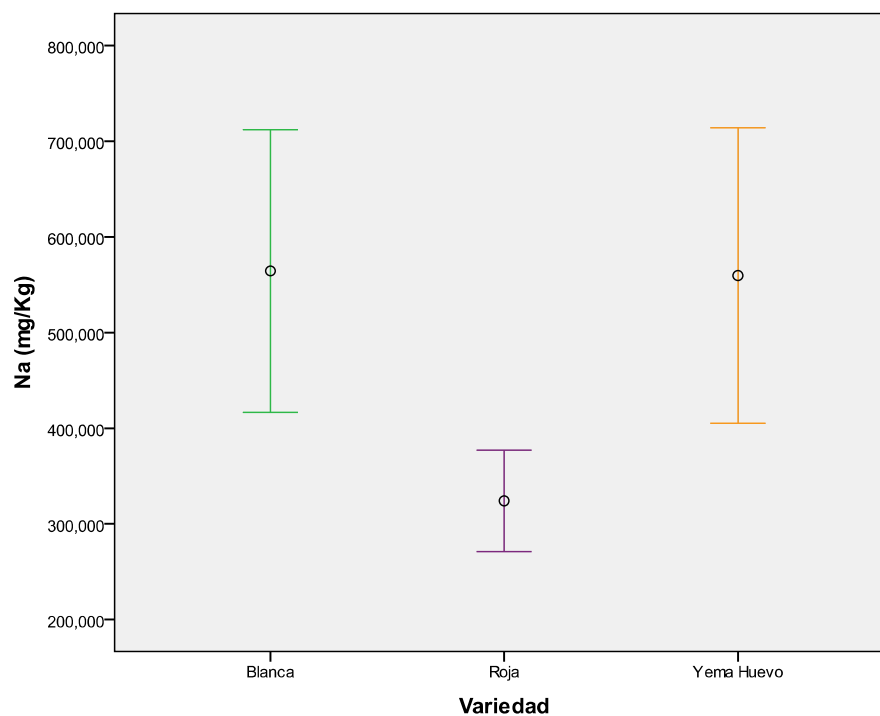


Figura 69. Concentraciones de Na en las distintas variedades de batatas estudiadas.

Potasio

Desde un punto de vista cuantitativo, el potasio fue el metal mayoritario. El intervalo de concentración media para este metal estuvo comprendido entre 4094 ± 1186 mg/Kg (variedad Roja) y 4551 ± 1743 mg/Kg (variedad Yema de Huevo). La concentración media de K para todas las variedades fue 4408 ± 1641 mg/Kg. Cabe destacar, tal y como se puede observar en la Figura 70, que los contenidos medios de potasio fueron similares entre todas las variedades de batatas, no existiendo diferencias significativas entre las mismas.

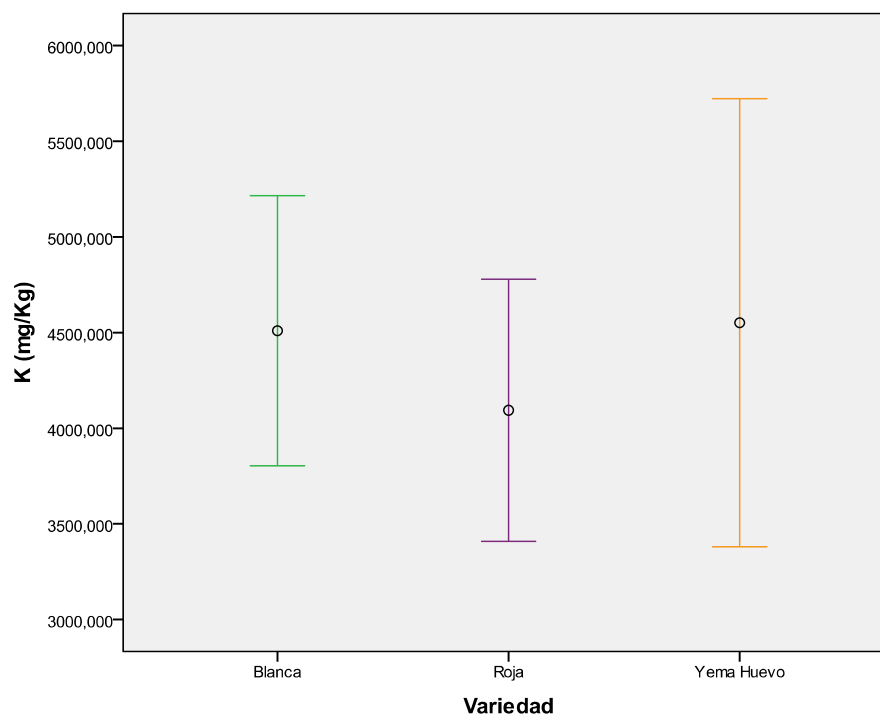


Figura 70. Concentraciones de K en las distintas variedades de batatas estudiadas.

Calcio

La concentración media de calcio en todas las variedades de batatas analizadas fue $563,8 \pm 582,4$ mg/Kg. La variedad Roja reflejó las mayores concentraciones de este metal ($789,1 \pm 576,6$ mg/Kg) mientras que los niveles más bajos se observaron en la variedad Yema de Huevo ($321,7 \pm 256,4$ mg/Kg). No existen diferencias significativas entre la variedad Blanca y la variedad Yema de Huevo. Existían, asimismo, diferencias significativas entre todas las variedades de batatas analizadas (Figura 71).

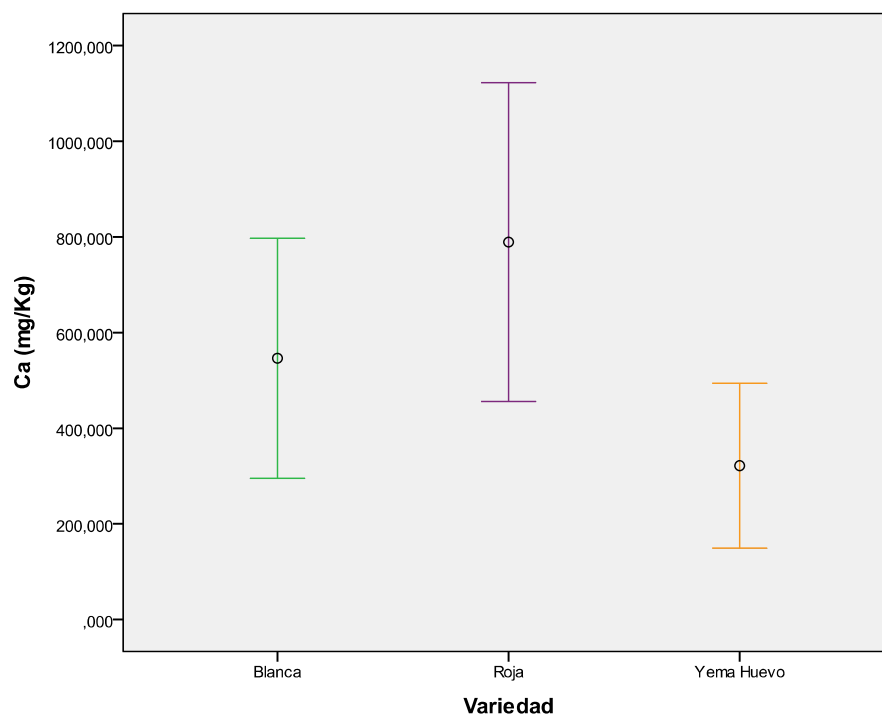


Figura 71. Concentraciones de Ca en las distintas variedades de batatas estudiadas.

Magnesio

El intervalo de concentración para este metal estuvo comprendido entre $422,2 \pm 407,2$ mg/Kg (variedad Yema de Huevo) y $706,2 \pm 680,9$ mg/Kg (variedad Blanca) con una concentración media de magnesio para todas las variedades de batatas de $609,2 \pm 565,8$ mg/Kg. No existen diferencias significativas entre las distintas variedades de batatas estudiadas (Figura 72).

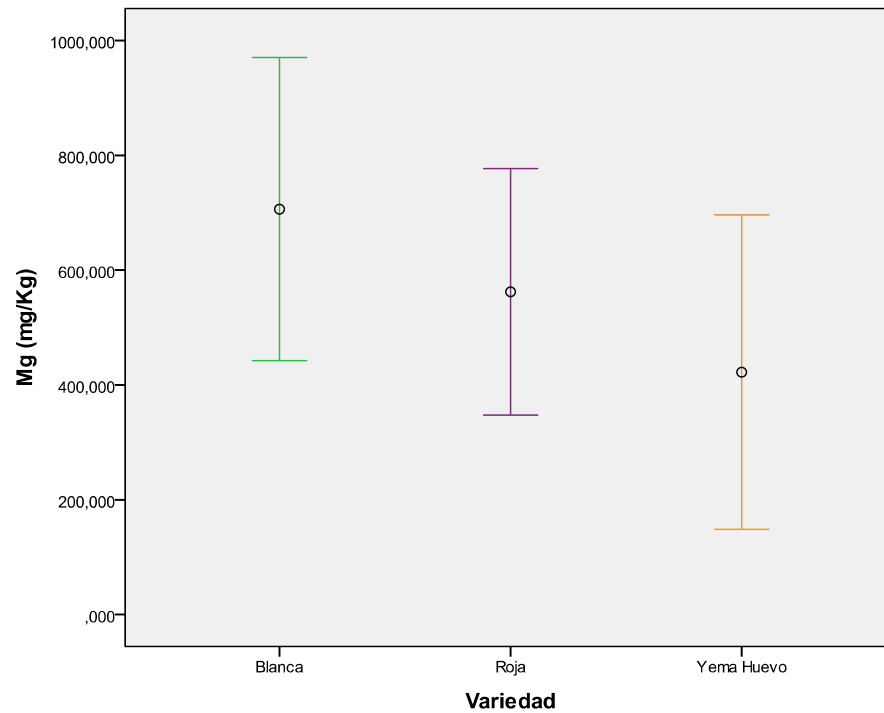


Figura 72. Concentraciones de Mg en las distintas variedades de batatas estudiadas.

Cobre

Los mayores niveles de cobre se reflejaron en la variedad Roja ($1,452 \pm 0,263$ mg/Kg) mientras que en la variedad Yema de Huevo se presentaron las concentraciones más bajas ($1,156 \pm 0,469$ mg/Kg). La concentración media de cobre fue $1,291 \pm 0,425$ mg/Kg, no existiendo diferencias significativas entre las distintas variedades de batatas estudiadas (Figura 73).

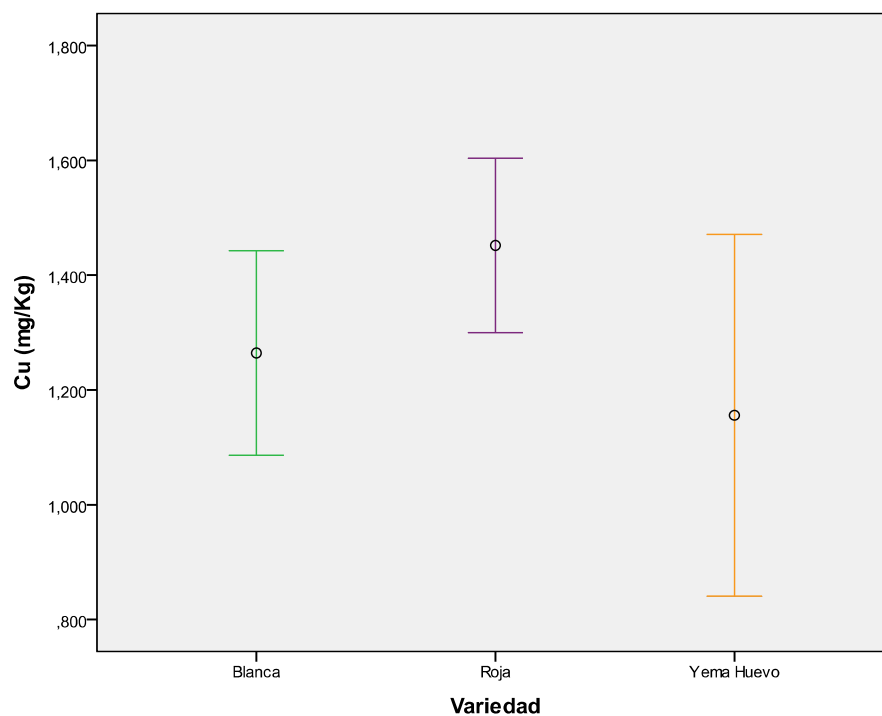


Figura 73. Concentraciones de Cu en las distintas variedades de batatas estudiadas.

Hierro

El intervalo de concentración para este metal estuvo comprendido entre $4,817 \pm 1,718$ mg/Kg (variedad Yema de Huevo) y $7,195 \pm 6,996$ mg/Kg (variedad Blanca). La concentración media de hierro para todas las variedades de batatas fue $6,554 \pm 5,389$ mg/Kg, no existiendo diferencias significativas entre las distintas variedades de batatas consideradas en este estudio, tal y como puede observarse en la Figura 74.

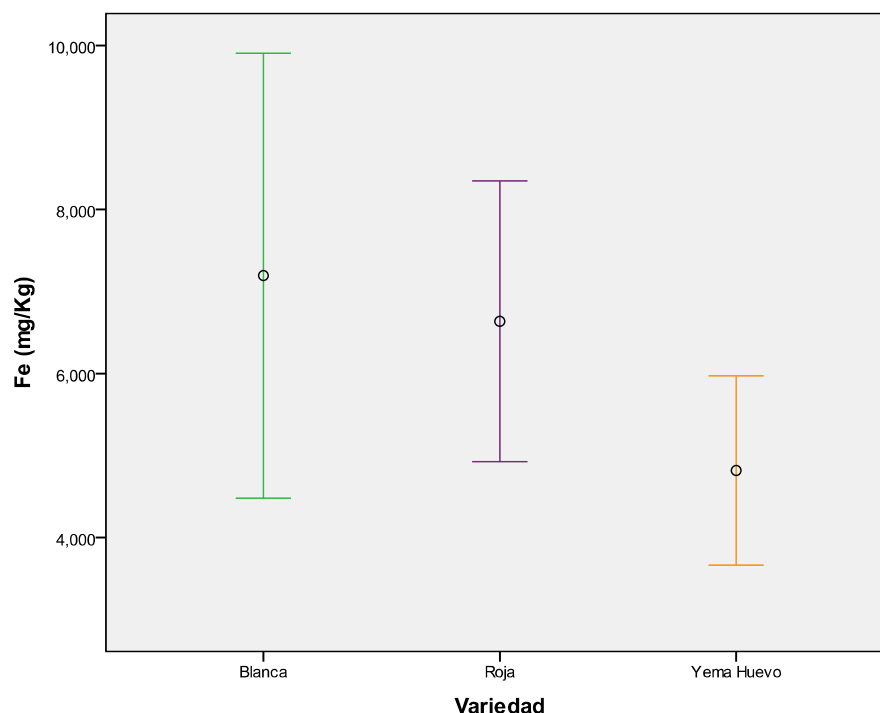


Figura 74. Concentraciones de Fe en las distintas variedades de batatas estudiadas.

Manganeso

Para este metal, en la variedad Blanca se observó los mayores contenidos ($2,713 \pm 2,222$ mg/Kg) mientras que la variedad de batata Yema de Huevo reflejó los niveles más bajos ($1,742 \pm 0,143$ mg/Kg). La concentración media de manganeso fue $2,324 \pm 1,946$ mg/Kg. No se presentaron diferencias significativas entre la variedad Blanca y la variedad Roja pero si entre estas dos y la variedad Yema de Huevo (Figura 75).

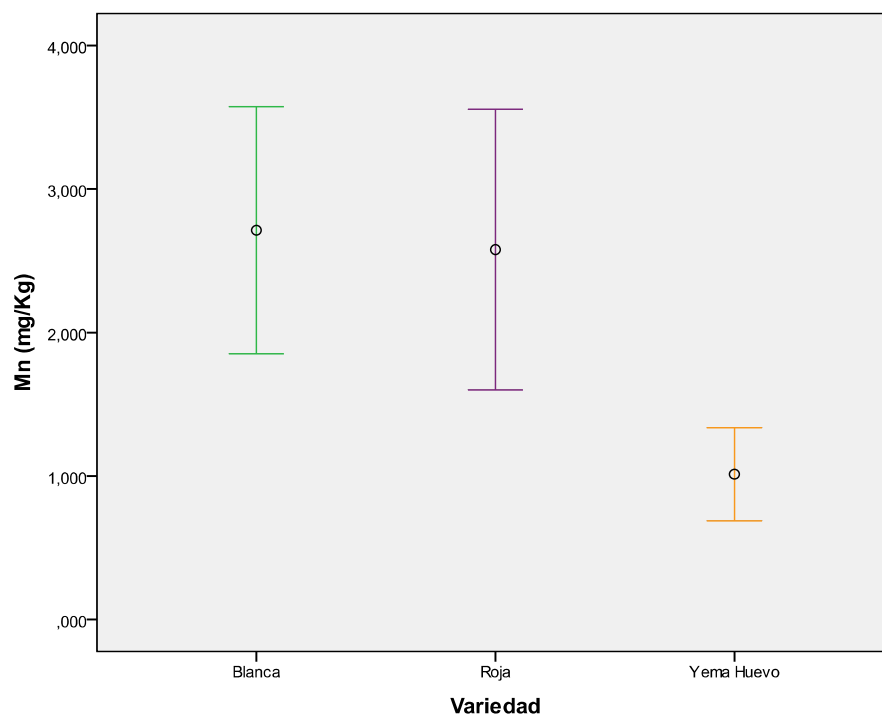


Figura 75. Concentraciones de Mn en las distintas variedades de batatas estudiadas.

Zinc

El intervalo de concentración media para este metal estuvo comprendido entre $1,742 \pm 0,413$ mg/Kg (batatas Yema de Huevo) y $2,523 \pm 0,455$ mg/Kg (batatas Roja). La concentración media de zinc para todas las variedades consideradas en este estudio fue $2,348 \pm 1,146$ mg/Kg. Cabe destacar que las variedades Blanca y Roja presentaron similares concentraciones medias de este metal, no existiendo diferencias significativas entre ellas, aunque si se diferencian significativamente de la variedad Yema de Huevo, tal y como ocurre con el manganeso (Figura 76).

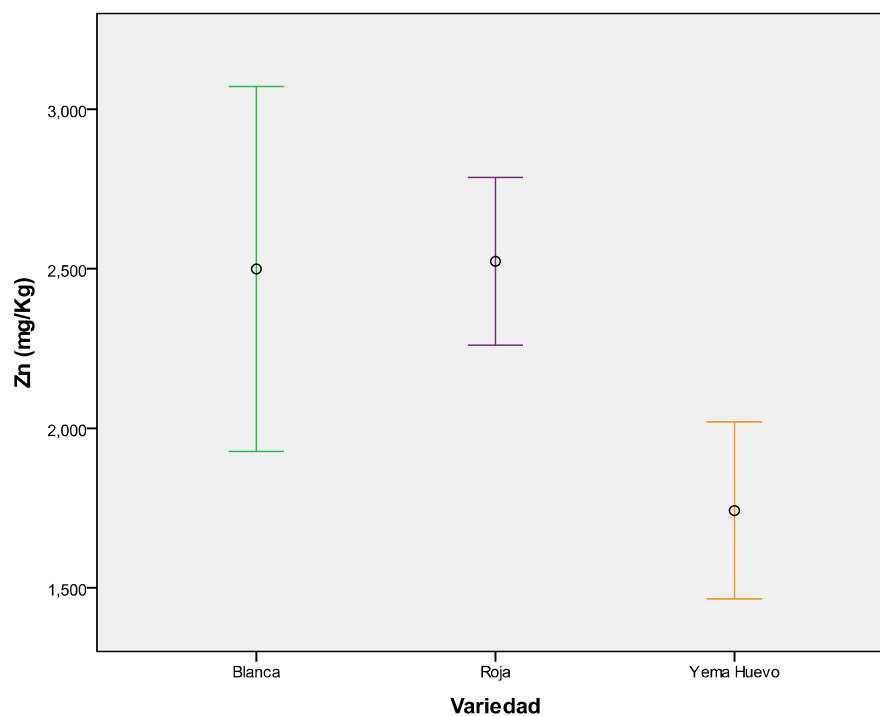


Figura 76. Concentraciones de Zn en las distintas variedades de batatas estudiadas.

Cromo

Las mayores concentraciones de cromo se reflejaron en la variedad Blanca ($0,034 \pm 0,019$ mg/Kg) diferenciándose además significativamente del resto de las variedades de batatas de nuestro estudio. Las batatas Yema de Huevo mostraron las concentraciones más bajas ($0,022 \pm 0,013$ mg/Kg). La concentración media de cromo fue $0,028 \pm 0,016$ mg/Kg. Cabe destacar que los niveles de cromo fueron similares para las variedades Roja y Yema de Huevo, respectivamente (Figura 77).

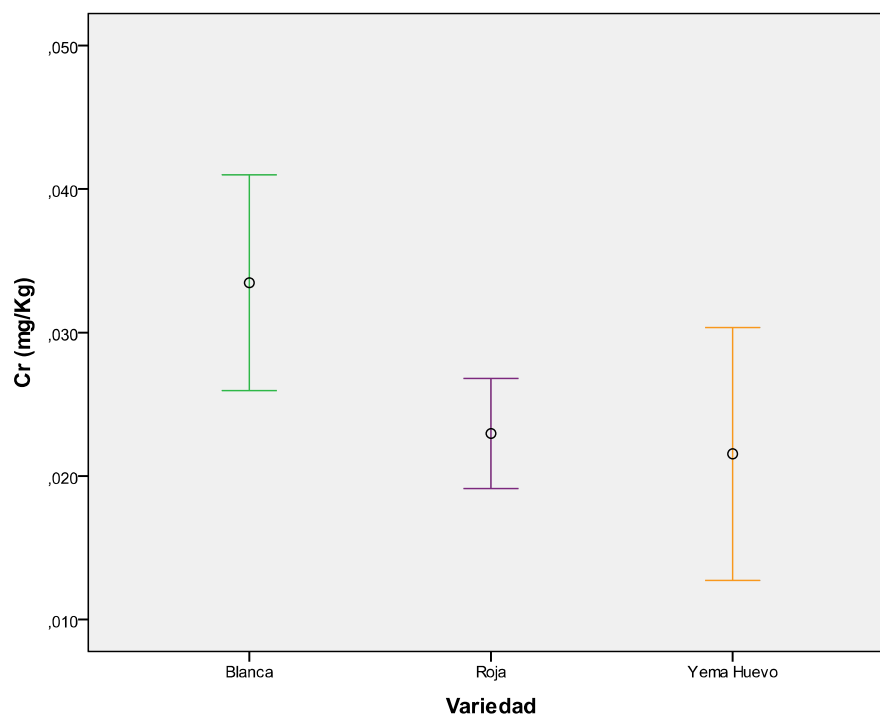


Figura 77. Concentraciones de Cr en las distintas variedades de batatas estudiadas.

Níquel

Para este metal, el intervalo de concentración estuvo comprendido entre $0,030 \pm 0,008$ mg/Kg (batatas Yema de Huevo) y $0,056 \pm 0,021$ mg/Kg (batatas Blanca). La concentración media de níquel para todas las variedades consideradas en este estudio fue $0,048 \pm 0,020$ mg/Kg. Tal y como puede observarse en la Figura 78, no se presentan diferencias significativas entre la variedad Blanca y la variedad Roja pero si existen diferencias significativas entre estas dos y la variedad Yema de Huevo.

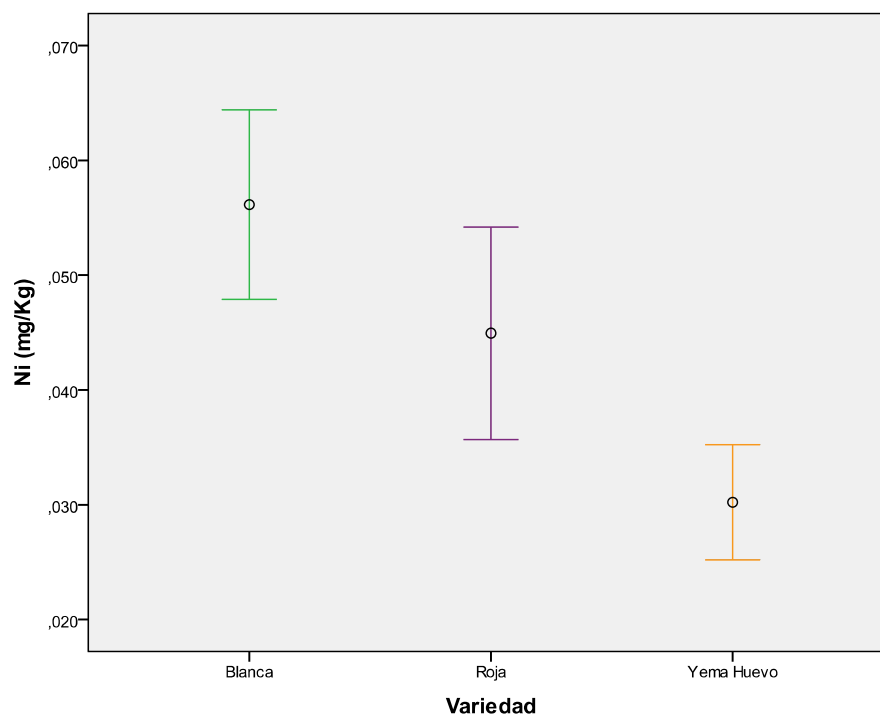


Figura 78. Concentraciones de Ni en las distintas variedades de batatas estudiadas.

Cadmio

Respecto al contenido de este metal en las variedades de batatas no se determinó la existencia de diferencias significativas. El intervalo de concentración de cadmio estuvo comprendido entre $0,0008 \pm 0,0001$ mg/Kg (variedad Yema de Huevo) y $0,004 \pm 0,0004$ mg/Kg (variedad Roja). Para todas las variedades de batatas, la concentración media de cadmio fue $0,0009 \pm 0,0014$ mg/Kg (Figura 79).

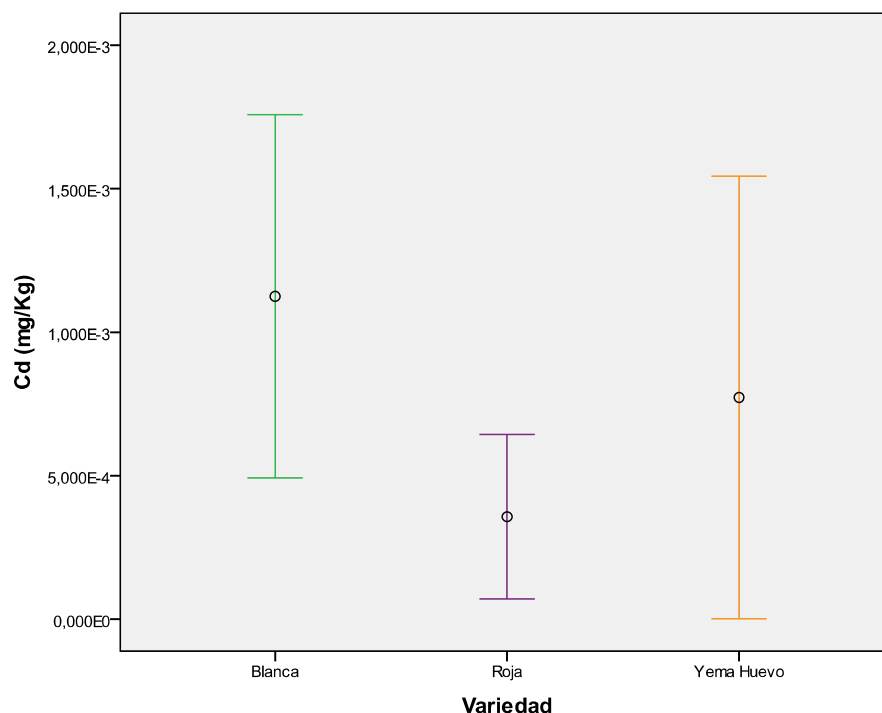


Figura 79. Concentraciones de Cd en las distintas variedades de batatas estudiadas.

Plomo

Las mayores concentraciones de plomo se reflejaron en la variedad Roja ($0,0048 \pm 0,011$ mg/Kg) mientras que la variedad Yema de Huevo presentó los contenidos más bajos ($0,001 \pm 0,0023$ mg/Kg). Para todas las variedades de batatas, la concentración media de plomo fue $0,0026 \pm 0,0066$ mg/Kg, no existiendo diferencias significativas entre las distintas variedades de batatas consideradas en este estudio, tal y como se puede observar en la Figura 80.

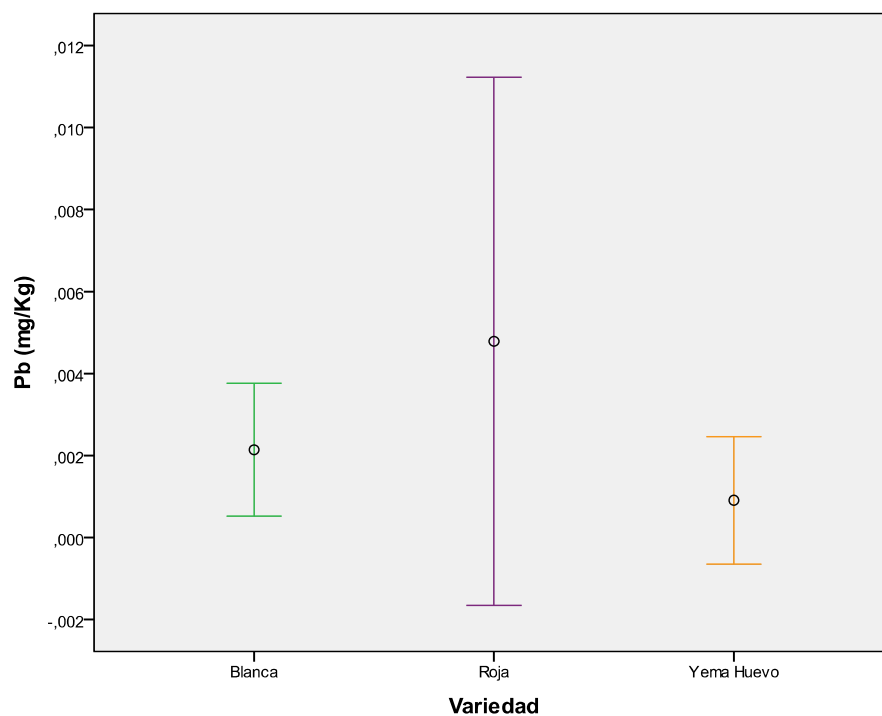


Figura 80. Concentraciones de Pb en las distintas variedades de batatas estudiadas.

4.2.1.2. SEGÚN LAS ZONAS DE PRODUCCIÓN

De acuerdo a las diferentes zonas de producción consideradas en este estudio, la Tabla 88 resume los contenidos medios de metales presentes esenciales y tóxicos en las batatas.

Tabla 88. Concentración media y desviación estándar de metales en la masa de las batatas según las zonas de producción (mg/Kg).		
Metal	Zona de producción	
	Norte	Sur
Macroelementos		
Na	474,6 ± 301,2	549,1 ± 342,6
K	4287 ± 1598	4645 ± 1743
Ca	574,9 ± 552,6	542,2 ± 652,8
Mg	649,3 ± 623,4	531,2 ± 438,5
Microelementos		
Cu	1,352 ± 0,440	1,174 ± 0,379
Fe	6,228 ± 3,163	7,187 ± 8,256
Mn	2,365 ± 1,786	2,246 ± 2,279
Zn	2,285 ± 0,967	2,472 ± 1,457
Cr	0,029 ± 0,018	0,0268 ± 0,012
Ni	0,049 ± 0,019	0,045 ± 0,023
Tóxicos		
Cd	0,00077 ± 0,0012	0,001 ± 0,0017
Pb	0,0012 ± 0,003	0,0053 ± 0,0098

En líneas generales, los contenidos medios de metales esenciales encontrados en la masa de las batatas procedentes de la zona Norte de la isla fueron superiores a los de la zona Sur con excepción del sodio, potasio, hierro y zinc. Cabe destacar que en ambas zonas de producción se obtuvieron contenidos similares de los metales calcio y manganeso.

Respecto a los metales tóxicos, las batatas procedentes de la zona Sur de la isla presentaron los mayores contenidos de cadmio y plomo (Tabla 88).

Con el fin de comprobar si había normalidad de los datos, se usaron los test de *Kolmogorov-Smirnov* y de *Shapiro-Wilk* así como el estadístico de *Levene* para comprobar la existencia o no de homogeneidad de las varianzas para cada uno de los metales. Tal y como se resume en las Tablas 89 y 90, se observó la no existencia de normalidad de los datos para todos los metales estudiados, con excepción del plomo donde si existían normalidad de los resultados.

Tabla 89. Pruebas de normalidad en las batatas según zonas de producción.							
Metal	Zona	Kolmogorov-Smirnov^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Macroelementos							
Na	Norte	0,239	35	0,000	0,823	35	0,000
	Sur	0,256	18	0,003	0,841	18	0,006
K	Norte	0,086	35	0,200*	0,980	35	0,771
	Sur	0,157	18	0,200*	0,927	18	0,172
Ca	Norte	0,210	35	0,000	0,670	35	0,000
	Sur	0,321	18	0,000	0,545	18	0,000
Mg	Norte	0,238	35	0,000	0,808	35	0,000
	Sur	0,295	18	0,000	0,771	18	0,001
Microelementos							
Cu	Norte	0,063	35	0,200*	0,987	35	0,943
	Sur	0,170	18	0,178	0,914	18	0,102
Fe	Norte	0,271	35	0,000	0,665	35	0,000
	Sur	0,404	18	0,000	0,431	18	0,000
Mn	Norte	0,169	35	0,013	0,835	35	0,000
	Sur	0,293	18	0,000	0,759	18	0,000
Zn	Norte	0,200	35	0,001	0,792	35	0,000
	Sur	0,248	18	0,005	0,738	18	0,000
Cr	Norte	0,230	35	0,000	0,729	35	0,000
	Sur	0,269	18	0,001	0,840	18	0,006
Ni	Norte	0,122	35	0,200*	0,923	35	0,018
	Sur	0,150	18	0,200*	0,908	18	0,081
Tóxicos							
Cd	Norte	0,319	35	0,000	0,709	35	0,000
	Sur	0,336	18	0,000	0,655	18	0,000
Pb	Norte	0,438	35	0,000	0,410	35	0,000
	Sur	0,297	18	0,000	0,591	18	0,000

a. Corrección de la significación de Lilliefors.

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

Tabla 90. Prueba de homogeneidad de la varianza en batatas según zonas.					
		Estadístico Levene	gl1	gl2	Sig.
Macroelementos					
Na	Basándose en la media	1,014	1	51	0,319
	Basándose en la mediana	0,418	1	51	0,521
	Basándose en la mediana y gl corr.	0,418	1	49,934	0,521
	Basándose en la media recortada	1,167	1	51	0,285
K	Basándose en la media	0,295	1	51	0,590
	Basándose en la mediana	0,145	1	51	0,705
	Basándose en la mediana y gl corr.	0,145	1	49,002	0,705
	Basándose en la media recortada	0,263	1	51	0,610
Ca	Basándose en la media	0,026	1	51	0,873
	Basándose en la mediana	0,012	1	51	0,915
	Basándose en la mediana y gl corr.	0,012	1	48,501	0,915
	Basándose en la media recortada	0,007	1	51	0,932
Mg	Basándose en la media	1,919	1	51	0,172
	Basándose en la mediana	1,117	1	51	0,296
	Basándose en la mediana y gl corr.	1,117	1	47,478	0,296
	Basándose en la media recortada	1,321	1	51	0,256
Microelementos					
Cu	Basándose en la media	0,556	1	51	0,459
	Basándose en la mediana	0,795	1	51	0,377
	Basándose en la mediana y gl corr.	0,795	1	50,985	0,377
	Basándose en la media recortada	0,645	1	51	0,426
Fe	Basándose en la media	2,023	1	51	0,161
	Basándose en la mediana	0,822	1	51	0,369
	Basándose en la mediana y gl corr.	0,822	1	25,480	0,373
	Basándose en la media recortada	0,815	1	51	0,371
Mn	Basándose en la media	0,775	1	51	0,383
	Basándose en la mediana	0,073	1	51	0,789
	Basándose en la mediana y gl corr.	0,073	1	42,523	0,789
	Basándose en la media recortada	0,447	1	51	0,507
Zn	Basándose en la media	2,161	1	51	0,148
	Basándose en la mediana	1,204	1	51	0,278
	Basándose en la mediana y gl corr.	1,204	1	41,438	0,279
	Basándose en la media recortada	1,714	1	51	0,196
Cr	Basándose en la media	0,209	1	51	0,649
	Basándose en la mediana	0,335	1	51	0,565
	Basándose en la mediana y gl corr.	0,335	1	45,525	0,566
	Basándose en la media recortada	0,143	1	51	0,706
Ni	Basándose en la media	1,122	1	51	0,295
	Basándose en la mediana	0,783	1	51	0,380
	Basándose en la mediana y gl corr.	0,783	1	49,586	0,380
	Basándose en la media recortada	1,089	1	51	0,302
Tóxicos					
Cd	Basándose en la media	1,800	1	51	0,186
	Basándose en la mediana	0,340	1	51	0,562
	Basándose en la mediana y gl corr.	0,340	1	44,731	0,563
	Basándose en la media recortada	1,476	1	51	0,230
Pb	Basándose en la media	10,866	1	51	0,002
	Basándose en la mediana	4,812	1	51	0,033
	Basándose en la mediana y gl corr.	4,812	1	25,605	0,038
	Basándose en la media recortada	9,081	1	51	0,004

Tras comprobar la no normalidad de los datos a estudio, con excepción del Pb, se procedió a la realización del test no paramétrico *Kruskal-Wallis* con el fin de comprobar la existencia o no diferencias significativas entre el contenido de los metales Na, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, Cr, Ni y Cd según las zonas de producción (Tabla 91). Para el Pb, debido a la normalidad de los datos, se procedió a utilizar el test paramétrico ANOVA (Tabla 92).

Tabla 91. Resumen de la prueba de hipótesis mediante el test de <i>Kruskal-Wallis</i> de las muestras independientes de batatas		
Hipótesis nula	Sig.	Decisión
Macroelementos		
La distribución de Na es la misma entre las categorías de zona	0,419	Retener la hipótesis nula
La distribución de K es la misma entre las categorías de zona	0,542	Retener la hipótesis nula
La distribución de Ca es la misma entre las categorías de zona	0,523	Retener la hipótesis nula
La distribución de Mg es la misma entre las categorías de zona	0,822	Retener la hipótesis nula
Microelementos		
La distribución de Cu es la misma entre las categorías de zona	0,100	Retener la hipótesis nula
La distribución de Fe es la misma entre las categorías de zona	0,735	Retener la hipótesis nula
La distribución de Mn es la misma entre las categorías de zona	0,441	Retener la hipótesis nula
La distribución de Zn es la misma entre las categorías de zona	0,866	Retener la hipótesis nula
La distribución de Cr es la misma entre las categorías de zona	0,734	Retener la hipótesis nula
La distribución de Ni es la misma entre las categorías de zona	0,347	Retener la hipótesis nula
Tóxicos		
La distribución de Cd es la misma entre las categorías de zona	1,000	Retener la hipótesis nula

Sig. Nivel de significación es 0,05

Tabla 92. Prueba paramétrica ANOVA para el Pb según las zonas					
Pb	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	0,000	1	0,000	4,812	0,033
Intra-grupos	0,002	51	0,000		
Total	0,002	52			

Los resultados de esta prueba se muestran a continuación:

Sodio

Respecto al contenido de este metal, en ambas zonas de producción de la isla de Tenerife no se determinó la existencia de diferencias significativas (Figura 81). La concentración media de sodio en las batatas procedentes de la zona Sur ($549,1 \pm 342,6$ mg/Kg) fue superior comparada a la de la zona Norte de la isla ($474,6 \pm 301,2$ mg/Kg).

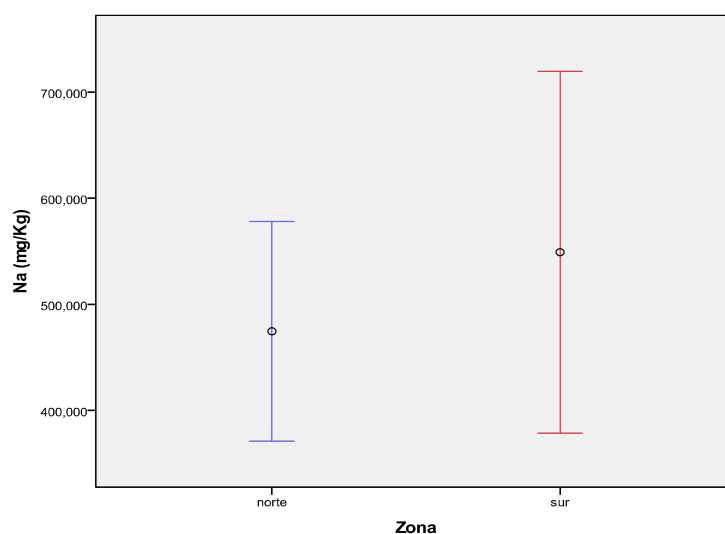


Figura 81. Concentraciones de Na en las batatas estudiadas según las zonas de producción.

Potasio

Las batatas procedentes de la zona Sur reflejaron una mayor concentración media de potasio (4645 ± 1743 mg/Kg) en comparación con las de la zona Norte (4287 ± 1598 mg/Kg), aunque el estudio estadístico reveló la no existencia de diferencias significativas entre ambas zonas de producción, tal y como se puede observar en la Figura 82.

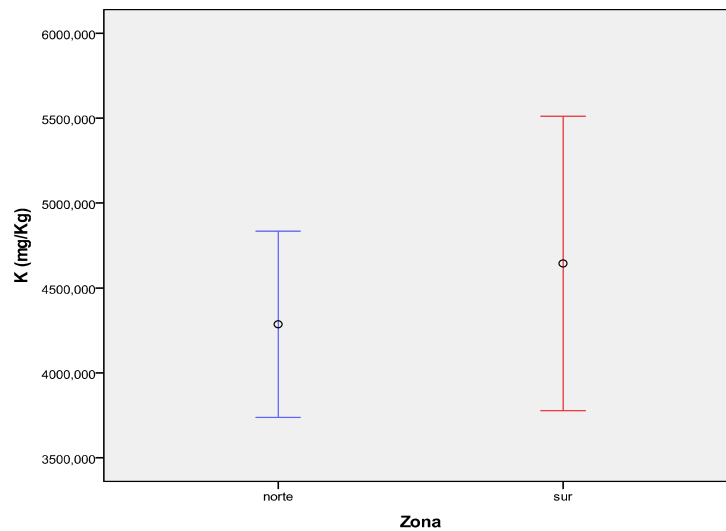


Figura 82. Concentraciones de K en las batatas estudiadas según las zonas de producción.

Calcio

La concentración media de calcio en las batatas procedentes de la zona Norte de la isla ($574,9 \pm 552,6$ mg/Kg) fue superior comparada a la de la zona Sur ($542,2 \pm 652,8$ mg/Kg), no existiendo diferencias significativas entre ambas zonas de producción respecto al contenido en este metal (Figura 83).

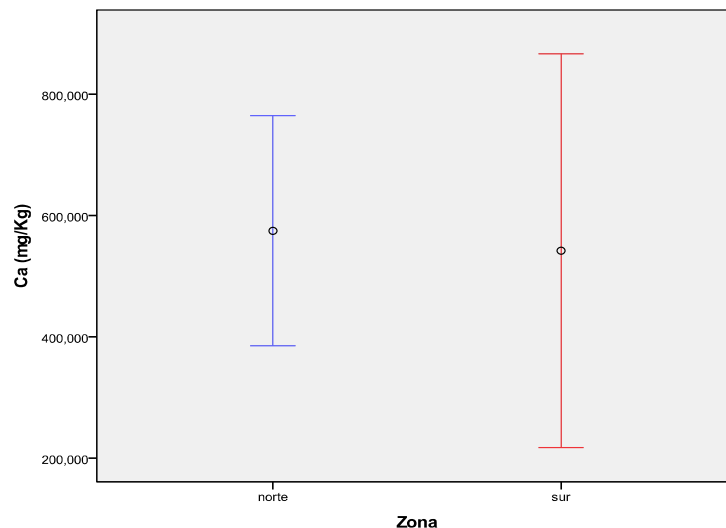


Figura 83. Concentraciones de Ca en las batatas estudiadas según las zonas de producción.

Magnesio

Respecto al contenido de este metal en las batatas, no se determinó diferencias significativas entre ambas zonas de producción. Las batatas procedentes de la zona Norte reflejaron una concentración media de magnesio más alta ($649,3 \pm 623,4$ mg/Kg) en comparación a las de la zona Sur ($531,2 \pm 438,5$ mg/Kg), tal y como puede observarse en la Figura 84.

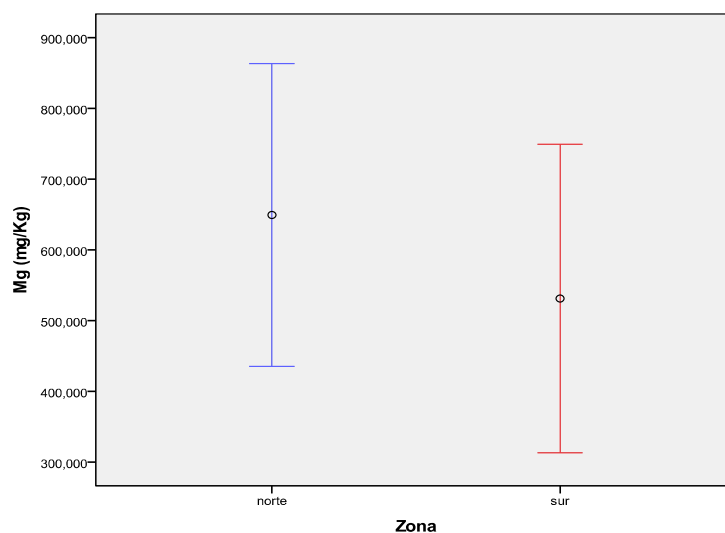


Figura 84. Concentraciones de Mg en las batatas estudiadas según las zonas de producción.

Cobre

Tal y como puede observarse en la Figura 85, la concentración media de cobre en las batatas procedentes de la zona Norte de la isla ($1,352 \pm 0,440$ mg/Kg) fue superior comparada con la de la zona Sur ($1,174 \pm 0,379$ mg/Kg), no existiendo diferencias significativas entre ambas zonas de producción.

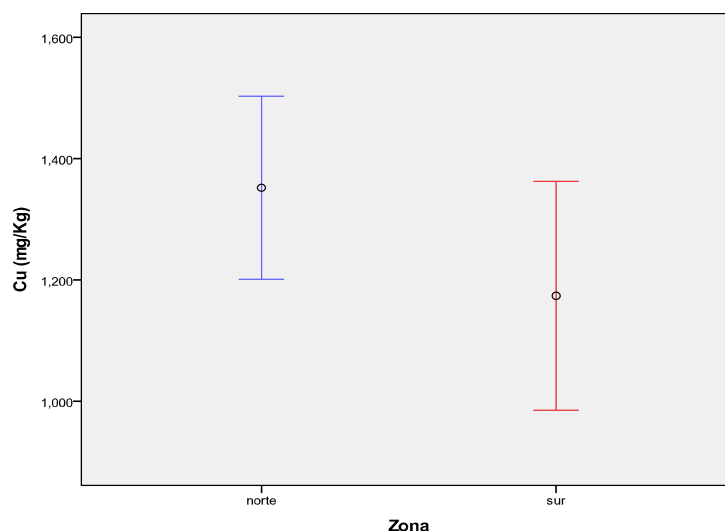


Figura 85. Concentraciones de Cu en las batatas estudiadas según las zonas de producción.

Hierro

Respecto al contenido de este metal en las batatas de ambas zonas de producción de la isla de Tenerife no se determinó la existencia de diferencias significativas. Al comparar la concentración media de hierro entre ambas zonas de producción se puede observar que las batatas procedentes de la zona Sur reflejaron un mayor contenido de este metal ($7,187 \pm 8,256$ mg/Kg), tal y como se puede observar en la Figura 86.

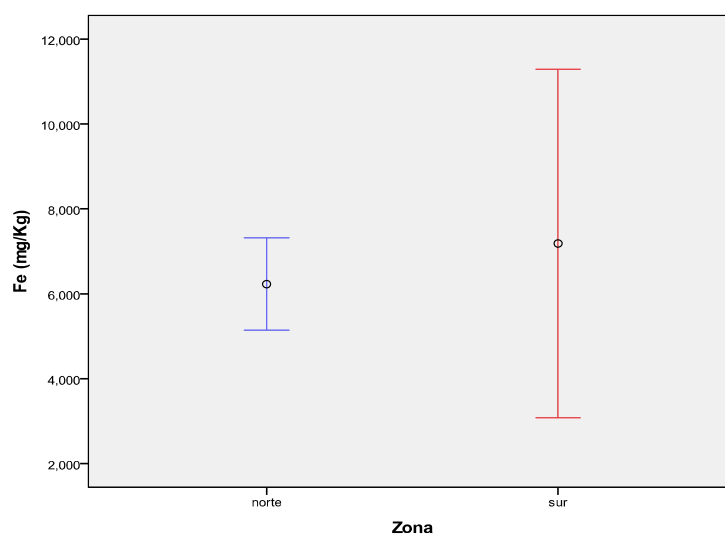


Figura 86. Concentraciones de Fe en las batatas estudiadas según las zonas de producción.

Manganeso

La concentración media de manganeso en las batatas procedentes de la zona Norte ($2,365 \pm 1,786$ mg/Kg) fue superior comparada a la de la zona Sur ($2,246 \pm 2,279$ mg/Kg), aunque el estudio estadístico reveló la no existencia de diferencias significativas entre ambas zonas de producción (Figura 87).

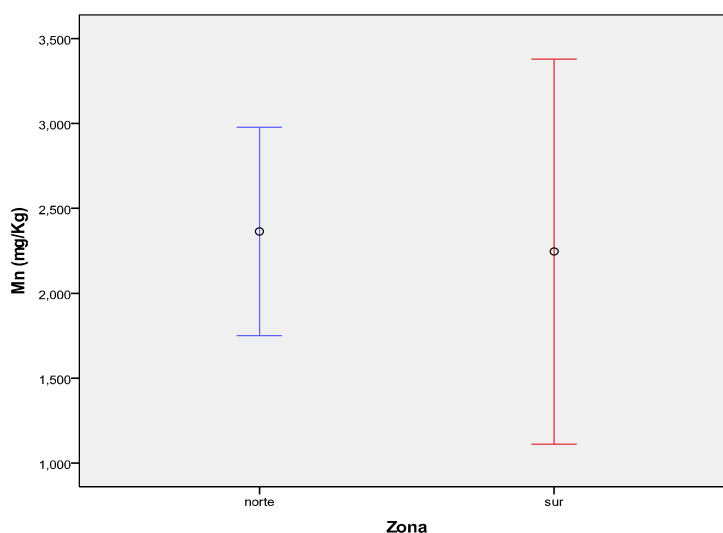


Figura 87. Concentraciones de Mn en las batatas estudiadas según las zonas de producción.

Zinc

Las batatas procedentes de la zona Sur de la isla reflejaron una concentración media de zinc más alta ($2,472 \pm 1,457$ mg/Kg) en comparación a la de la zona Norte ($2,285 \pm 0,967$ mg/Kg), no existiendo diferencias significativas entre ambas zonas de producción respecto al contenido de este metal (Figura 88).

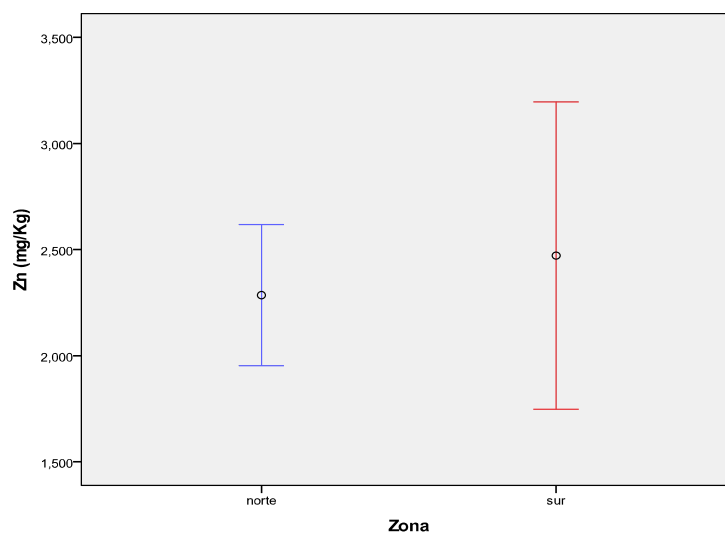


Figura 88. Concentraciones de Zn en las batatas estudiadas según las zonas de producción.

Cromo

Respecto al contenido de este metal en las batatas, no se determinó la existencia de diferencias significativas entre ambas zonas de producción de la isla de Tenerife. La concentración media de cromo en las batatas procedentes de la zona Norte ($0,029 \pm 0,018$ mg/Kg) fue superior comparada a la de la zona Sur ($0,0268 \pm 0,012$ mg/Kg), tal y como se puede observar en la Figura 89.

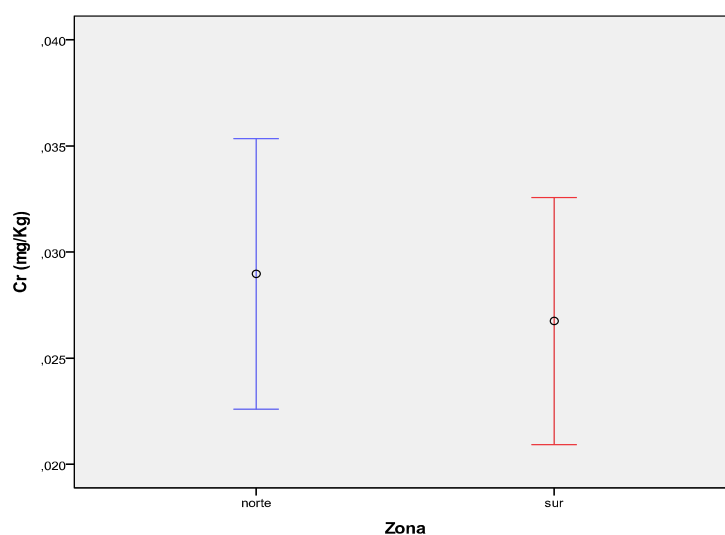


Figura 89. Concentraciones de Cr en las batatas estudiadas según las zonas de producción.

Níquel

Al comparar el contenido de níquel entre ambas zonas de producción se puede observar que las batatas procedentes de la zona Norte reflejaron una mayor concentración media de este metal ($0,049 \pm 0,019$ mg/Kg) comparada con la de la zona Sur ($0,045 \pm 0,023$ mg/Kg), no existiendo diferencias significativas en las batatas según su zona de procedencia (Figura 90).

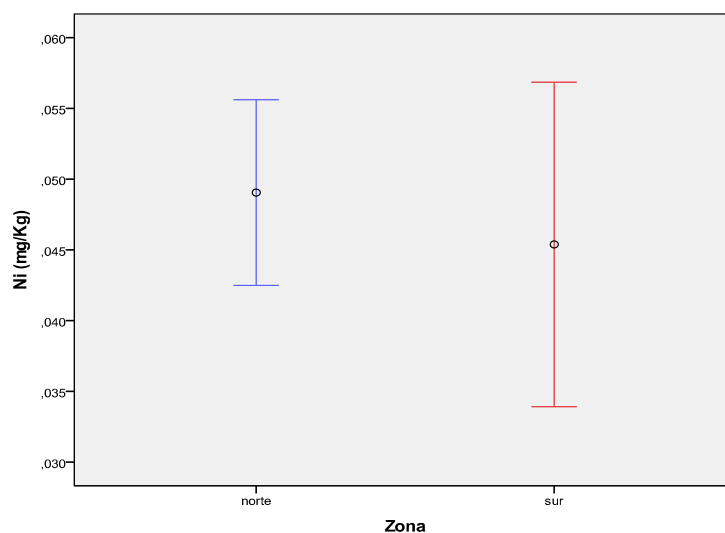


Figura 90. Concentraciones de Ni en las batatas estudiadas según las zonas de producción.

Cadmio

La concentración media de cadmio en las batatas procedentes de la zona Sur de la isla ($0,001 \pm 0,0017$ mg/Kg) fue superior comparada con la de la zona Norte ($0,00077 \pm 0,0012$ mg/Kg), aunque el estudio estadístico reveló la no existencia de diferencias significativas entre ambas zonas de producción (Figura 91). Cabe destacar que los niveles de cadmio encontrados en las batatas de ambas zonas de producción de la isla fueron inferiores al límite máximo fijado por el Reglamento 1881/2006 de la Comisión Europea.

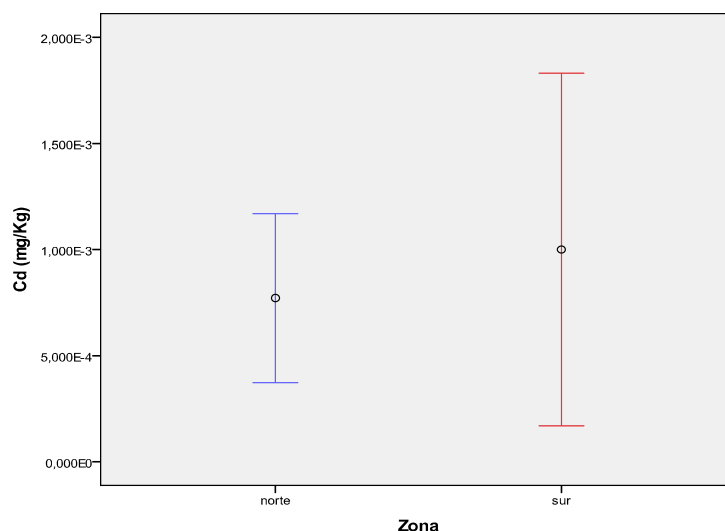


Figura 91. Concentraciones de Cd en las batatas estudiadas según las zonas de producción.

Plomo

En las batatas procedentes de la zona Sur de la isla se encontró un mayor contenido medio de plomo ($0,0053 \pm 0,0098$ mg/Kg) en comparación con el de la zona Norte ($0,0012 \pm 0,003$ mg/Kg). Respecto a este metal, existen diferencias significativas entre ambas zonas, destacando además la alta variabilidad de la concentración de plomo en las muestras de batatas procedentes de la zona Sur (Figura 92). Los niveles de plomo encontrados en las batatas analizadas en este estudio se sitúan por debajo del límite máximo fijado por el Reglamento 1881/2006 de la Comisión Europea.

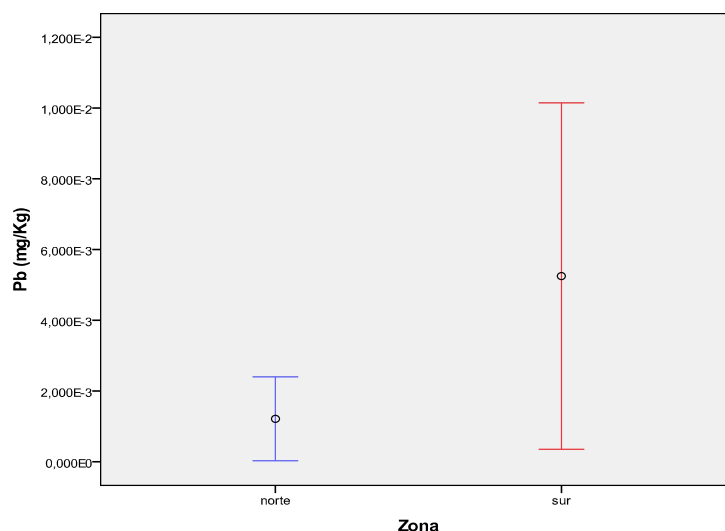


Figura 92. Concentraciones de Pb en las batatas estudiadas según las zonas de producción.

4.2.2. ESTUDIOS DE CORRELACIONES INTERMETÁLICAS EN LAS BATATAS

Los estudios de correlación estadística entre los metales analizados ponen de manifiesto la interdependencia, tanto positiva como negativa, entre los metales estudiados en las batatas. Se ha empleado el test de correlaciones de *Rho de Spearman*. Los resultados de este test en las batatas analizadas se puede observar en la Tabla 93.

Tabla 93. Estudio de correlaciones intermetálicas de las batatas analizadas

	Na	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	Cr	Ni	Cd	Pb
Na	1	-0,269 ^a (-0,051)	-0,237 ^a (-0,087)	0,037 ^a (-0,795)	-0,180 ^a (-0,197)	-0,307 ^{a*} (-0,025)	-0,251 ^a (-0,069)	-0,300 ^{a*} (-0,029)	-0,021 ^a (-0,881)	-0,168 ^a (-0,229)	-0,028 ^a (-0,842)	0,059 ^a (-0,672)
K		1	-0,279 ^{a*} (-0,043)	0,429 ^{a**} (-0,001)	0,063 ^a (-0,654)	0,323 ^{a*} (-0,018)	0,171 ^a (-0,220)	0,167 ^a (-0,233)	-0,286 ^{a*} (-0,038)	0,058 ^a (-0,681)	0,511 ^{a**} (0,000)	-0,390 ^{a**} (-0,004)
Ca			1	0,095 ^a (-0,500)	0,381 ^{a**} (-0,005)	0,294 ^{a*} (-0,018)	0,405 ^{a**} (-0,003)	0,305 ^{a*} (-0,026)	0,135 ^a (-0,333)	0,086 ^a (-0,539)	-0,415 ^{a**} (-0,002)	0,089 ^a (-0,526)
Mg				1	0,162 ^a (-0,245)	0,111 ^a (-0,427)	0,286 ^{a*} (-0,038)	0,238 ^a (-0,086)	-0,096 ^a (-0,496)	0,011 ^a (-0,935)	0,197 ^a (-0,158)	-0,342 ^{a*} (-0,012)
Cu					1	0,304 ^{a*} (-0,027)	0,195 ^a (-0,161)	0,573 ^{a**} (0,000)	-0,023 ^a (-0,869)	-0,119 ^a (-0,396)	-0,225 ^a (-0,105)	-0,177 ^a (-0,206)
Fe						1	0,452 ^{a**} (-0,001)	0,472 ^{a**} (0,000)	-0,156 ^a (-0,263)	0,320 ^{a*} (-0,019)	0,114 ^a (-0,415)	-0,021 ^a (-0,880)
Mn							1	0,525 ^{a**} (0,000)	-0,023 ^a (-0,842)	-0,119 ^a (-0,110)	-0,225 ^a (-0,051)	-0,177 ^a (-0,608)
Zn								1	-0,029 ^a (-0,839)	0,022 ^a (-0,873)	0,105 ^a (-0,454)	-0,144 ^a (-0,304)
Cr									1	0,289 ^{a*} (-0,036)	-0,037 ^a (-0,795)	0,288 ^{a*} (-0,036)
Ni										1	0,194 ^a (-0,010)	0,350 ^{a*} (-0,036)
Cd											1	-0,216 ^a (-0,121)
Pb												1

a. Coeficientes de correlación de Rho de Spearman

(). Nivel de significación

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

**. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

En las muestras de batatas las correlaciones encontradas han sido positivas entre los metales cobre-calcio, cobre-zinc, manganeso-hierro, manganeso-calcio, manganeso-zinc, zinc-hierro, potasio-magnesio y potasio-cadmio y negativas entre los metales calcio-cadmio y potasio-plomo (Figuras 93-98).

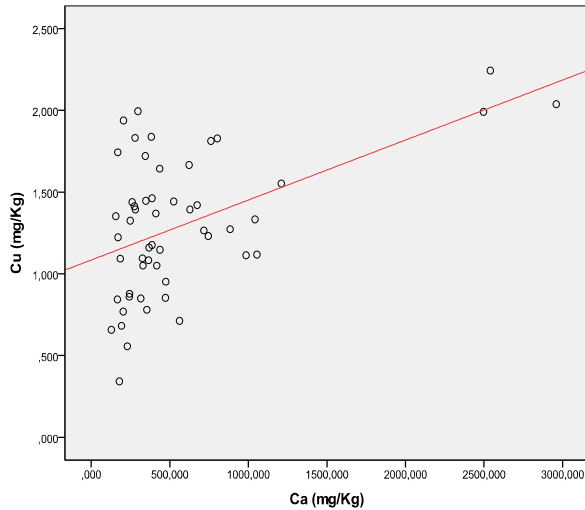


Figura 93. Correlación positiva Cu-Ca

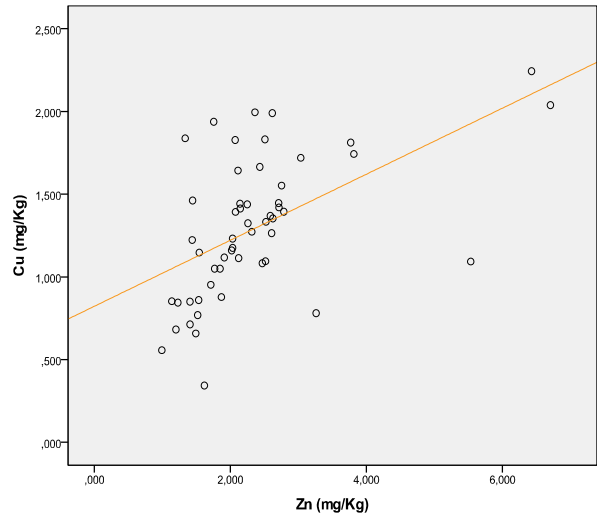


Figura 94. Correlación positiva Cu-Zn

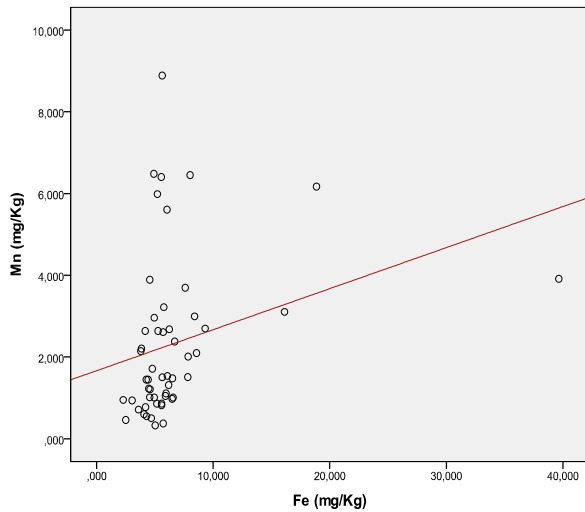


Figura 95. Correlación positiva Mn-Fe

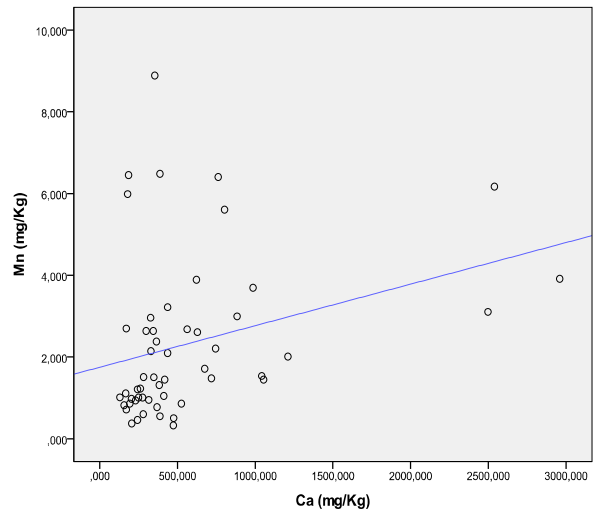


Figura 96. Correlación positiva Mn-Ca

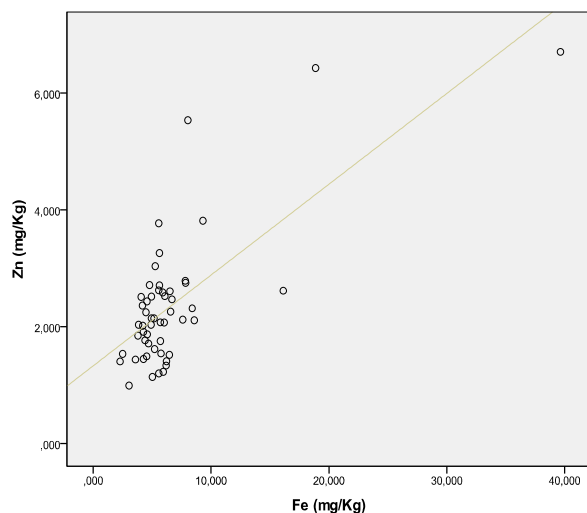


Figura 97. Correlación positiva Zn-Fe

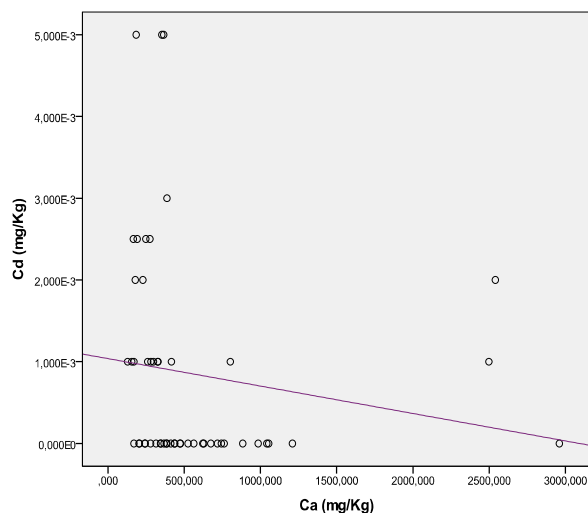


Figura 98. Correlación negativa Cd-Ca

Comparando las correlaciones intermetálicas, positivas y negativas, obtenidas para las batatas y las papas se puede observar que en ambos tubérculos se reflejan correlaciones similares: Cu-Zn (positiva en ambos tubérculos), K-Pb (negativa en ambos tubérculos) y Mn-Zn (positiva en el caso de las batatas y negativa para las papas).

4.2.3. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE METALES EN BATATAS CON LOS DE OTROS AUTORES

En la Tabla 94 se muestra una comparación de los niveles medios obtenidos de metales esenciales y tóxicos presentes en la masa de las batatas con los resultados publicados en otros países por otros autores.

Tabla 94. Comparación del contenido en metales en batatas con otros autores (mg/Kg peso fresco).

Origen	Na	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	Cr	Ni	Cd	Pb	Referencia
México	110	4290	480	230	1,7	11,0	4,7	2,10	-	-	-	-	Sánchez y cols., 1998
Japón	223-266	2350-5020	680-733	267-270	1,52-3,04	16,4-22,7	-	2,49-3,89	-	-	-	-	Ishida y cols., 2000
Nigeria	-	-	-	-	0,2	10,9	0,03	-	4	14,8	nd	nd	Okoye, 2001
España	-	-	-	-	-	-	-	2,3	-	-	-	-	Terrés y cols., 2001
Estados Unidos	235	3470	264	179	1,26	3,55	8,4	2,52	<0,2	0,19	0,013	<0,08	Dolan y Capar, 2002
Malasia	-	-	-	-	0,093-0,16	0,475-0,549	0,099-0,268	0,219-0,223	0,017-0,035	-	0,017-0,031	0,007-0,010	Ismail, 2005
Uganda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05-0,14	0,41	Nabulo y cols., 2006
Kenia	-	-	-	-	-	5,8	-	0,3	-	-	-	-	Orech y cols., 2007
China	-	-	-	-	1,6-2,2	-	-	7,62-9,68	-	-	0,03-0,15	0,22-0,39	Zhuang y cols., 2009
España	85	2086	974	244	1,79	17	1,84	1,12	-	-	-	-	Montes y cols., 2010
España	499,9	4408	563,8	609,2	1,291	6,554	2,324	2,348	0,028	0,048	0,0008	0,003	Este estudio, 2012

nd. No detectado

Aunque los estudios del contenido metálico en las batatas no son tan numerosos como en el caso de las papas, en la tabla anterior (Tabla 95) se refleja que la concentración de metales en estos tubérculos varía ampliamente en los diferentes países. Al comparar las concentraciones de los metales analizados en las batatas con las obtenidas por otros autores destacamos los siguientes resultados:

Sodio (Tabla 94): Tras comparar nuestros contenidos de sodio (499,9 mg/Kg) con los que diversos autores presentan se observa que los niveles de este elemento obtenidos en este estudio son muy superiores a los previamente publicados.

Potasio (Tabla 94): Las batatas consumidas en Tenerife presentan contenidos en potasio (4408 mg/Kg) comprendidos en el rango de concentración propuesto por Ishida y cols. (2000). Asimismo, se puede observar que las concentraciones propuestas por Sánchez y cols. (1998) son similares a las nuestras, si bien éstas son superiores a las de Dolan y Capar (2002) y Montes y cols. (2010), respectivamente. Cabe destacar que en todas las fuentes consultadas el potasio es el elemento que se encuentra en mayor proporción en comparación a otros metales estudiados. Bailey y cols., (2009) sugirieron que el cultivo de batatas en suelos volcánicos limitaba el contenido de potasio en el tubérculo.

Calcio (Tabla 94): Al estudiar los resultados obtenidos para estos tubérculos se observa que nuestra concentración media (563,8 mg/Kg) es superior a las recogidas por Sánchez y cols. (1998) y Dolan y Capar (2002), e inferior a las fijadas por Ishida y cols. (2000) y Montes y cols. (2010).

Magnesio (Tabla 94): Todos los niveles de magnesio encontrados en las batatas de otra procedencia, se caracterizan por ser inferiores a los encontrados en este estudio (609,2 mg/Kg).

Cobre (Tabla 94): La concentración de cobre (1,291 mg/Kg) fue muy similar a la encontrada por Dolan y Capar (2002), inferior a las de Sánchez y cols. (1998), Ishida y cols. (2000), Zhuang y cols. (2009) y Montes y cols. (2010) y superior a las de Okoye (2001) e Ismail (2005), respectivamente.

Hierro (Tabla 94): Comparando los valores de hierro para las batatas con los obtenidos en este estudio (6,554 mg/Kg) se observa que éstos son

superiores a los de Dolan y Capar (2002), Ismail (2005) y Orech y cols. (2007) e inferiores a los detectados por el resto.

Manganeso (Tabla 94): Al estudiar los resultados obtenidos para estos tubérculos se observa que la concentración media de manganeso (2,324 mg/Kg) es inferior a la propuesta por Sánchez y cols. (1998) y Dolan y Capar (2002), ligeramente superior a la de Montes y cols. (2010) y superior a las recogidas por Okoye (2001) e Ismail (2005).

Zinc (Tabla 94): La concentración media de zinc (2,348 mg/Kg) se aproxima bastante a las propuestas por Sánchez y cols. (1998), Ishida y cols. (2000), Terrés y cols. (2001) y Dolan y Capar (2002) si bien es inferior a la de Zhuang y cols. (2009), y superior a la del resto de los autores consultados. Cabe destacar que los elevados niveles de este elemento obtenidos por Zhuang y cols. (2009) son, posiblemente debidos a la gran industrialización del país (China).

Cromo (Tabla 94): Los niveles de cromo de este estudio (0,028 mg/Kg) se encuentran dentro del intervalo de concentraciones expuesto por Ismail (2005), mientras que son inferiores a las fijadas por el resto.

Níquel (Tabla 94): El contenido en níquel (0,048 mg/Kg) en las batatas analizadas es muy inferior a los niveles recogidos por Okoye (2001) y Dolan y Capar (2002), respectivamente.

Cadmio (Tabla 94): Las batatas presentaron una concentración media de cadmio de 0,0008 mg/Kg, lo que significa que nuestros niveles son inferiores a los recogidos por las fuentes consultadas (Dolan y Capar, 2002; Ismail, 2005; Nabulo y cols., 2006 y Zhuang y cols., 2009). Asimismo, Nabulo y cols. (2006) y Zhuang y col. (2009) detectaron niveles de cadmio superiores al límite establecido por el Reglamento Europeo.

Plomo (Tabla 94): Al estudiar los resultados obtenidos en las batatas se observa que la concentración media de este elemento (0,003 mg/Kg) es inferior a las del resto de los autores consultados. Cabe destacar que las batatas analizadas por Nabulo y col. (2006) y Zhuang y col. (2009) presentaron concentraciones de plomo por encima del límite máximo fijado por la legislación.

La Tabla 95 refleja una comparación de los contenidos medios de metales esenciales obtenidos en este estudio y los encontrados en las tablas de composición de los alimentos.

Tabla 95. Comparación de los contenidos medios de metales esenciales obtenidos en este estudio y los encontrados en las tablas de composición de los alimentos (mg/Kg).

Na	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Referencia
190	3200	220	130	7,0	-	Moreiras y cols., 1998
-	-	-	110	7,0	3,0	Jiménez y cols., 1997
40	4000	350	250	8,0	-	Elmadfa, 1998
200	3200	220	130	7,0	3,0	Mataix y cols., 1998
-	4150	350	-	-	-	Senser y Scherz, 1999
190	3000	220	130	7,0	3,0	Farrán y cols., 2004
190	3200	220	130	7,0	-	Moreiras y cols., 2006
190	3000	220	180	6,6	3,9	Ortega y cols., 2006
40-190	3200-4130	220-350	130-250	7,0-8,5	3,0	Ara, 2007
499,9	4408	563,8	609,2	6,554	2,348	Este estudio, 2012

Comparando los valores de elementos esenciales presentes en las tablas de composición de los alimentos con los obtenidos en este estudio se observa lo siguiente:

Sodio: Los contenidos en sodio de las batatas consumidas en Tenerife resultaron ser superiores a los presentados en las tablas de composición de alimentos mencionadas anteriormente.

Potasio: Tras comparar nuestros niveles de potasio con los de diversos autores se deduce que nuestros resultados son próximos a los propuestos por Senser y Scherz (1999) y Ara (2007), y superiores al del resto de los autores consultados.

Calcio: Al estudiar los resultados obtenidos para las batatas se observa que la concentración media de calcio es inferior a las fijadas en las diferentes tablas de composición de los alimentos consultadas.

Magnesio: Las batatas consumidas en Tenerife han resultado ser más ricas en magnesio de lo que recoge la bibliografía consultada.

Hierro: La concentración media de hierro fue muy similar a la encontrada por Ortega y cols. (2006), y ligeramente inferior a la propuesta por las referencias consultadas.

Zinc: Las muestras de batatas analizadas en este estudio, comparadas con las de otros autores, presentaron niveles de zinc inferiores.

4.3. ÑAMES

4.3.1. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE METALES EN LA MASA DE LOS ÑAMES

4.3.1.1. SEGÚN LAS ZONAS DE PRODUCCIÓN

Las muestras de ñames se clasificaron de acuerdo a la zona de recolección: Anaga, La Guancha, La Orotava, Los Realejos y Tacoronte. En la Tabla 96 se muestra las concentraciones medias y las desviaciones estándar de metales esenciales y tóxicos presentes en la masa de los ñames.

Tabla 96. Concentración media \pm desviación estándar de metales esenciales y tóxicos en los ñames según las zonas (mg/Kg peso fresco).

METAL	ZONA DE PRODUCCIÓN				
	Anaga	La Guancha	La Orotava	Los Realejos	Tacoronte
Macroelementos					
Na	58,62 \pm 79,89	89,98 \pm 6,746	231,5 \pm 254,3	970,0 \pm 428,9	734,5 \pm 48,87
K	1375 \pm 395,6	3817 \pm 1014	4340 \pm 2266	3117 \pm 1424	1877 \pm 558,4
Ca	188,8 \pm 38,95	238,9 \pm 32,03	392,2 \pm 178,9	168,7 \pm 78,70	250,6 \pm 32,31
Mg	73,29 \pm 90,23	423,1 \pm 52,18	309,2 \pm 29,43	534,8 \pm 104,7	298,9 \pm 76,99
Microelementos					
Cu	0,216 \pm 0,229	2,873 \pm 0,817	1,566 \pm 0,938	1,559 \pm 0,879	0,312 \pm 0,840
Fe	2,116 \pm 1,713	5,356 \pm 4,580	6,200 \pm 1,372	3,703 \pm 0,970	2,626 \pm 0,787
Mn	0,827 \pm 0,193	1,593 \pm 0,665	1,711 \pm 0,323	1,702 \pm 0,812	0,933 \pm 0,191
Zn	1,656 \pm 0,310	4,884 \pm 5,248	2,582 \pm 3,071	2,125 \pm 1,274	1,430 \pm 1,044
Cr	0,0075 \pm 0,003	0,049 \pm 0,030	0,024 \pm 0,003	0,081 \pm 0,103	0,018 \pm 0,006
Ni	0,026 \pm 0,018	0,024 \pm 0,008	0,008 \pm 0,012	0,023 \pm 0,013	0,015 \pm 0,002
Tóxicos					
Cd	0,0031 \pm 0,001	0,0087 \pm 0,008	nd	0,001 \pm 0,001	0,003 \pm 0,000
Pb	0,0037 \pm 0,005	0,00125 \pm 0,002	nd	nd	nd

nd. No detectado

Las muestras de ñames analizadas en este estudio siguen la siguiente secuencia de concentración (Tabla 96):

Potasio (1375 - 4340 mg/Kg) > Sodio (58,62 - 970,0 mg/Kg) > Magnesio (73,29 - 534,8 mg/Kg) > Calcio (168,7 - 392,2 mg/Kg) > Hierro (2,116 - 6,200 mg/Kg) > Zinc (1,430 - 4,884 mg/Kg) > Manganeso (0,827 - 1,711 mg/Kg) > Cobre (0,216 - 2,873 mg/Kg) > Cromo (0,0075 - 0,081 mg/Kg) > Níquel (0,008 - 0,026 mg/Kg) > Plomo (nd - 0,0037 mg/Kg) > Cadmio (nd - 0,0087 mg/Kg).

En líneas generales, tal y como puede observarse en la Tabla 96, los ñames procedentes de La Orotava presentan los mayores contenidos de potasio (4340 ± 2266 mg/Kg), calcio ($392,2 \pm 178,9$ mg/Kg), hierro ($6,200 \pm 1,372$ mg/Kg) y manganeso ($1,711 \pm 0,323$ mg/Kg) mientras que en los ñames de Los Realejos destacan en mayor proporción los metales sodio ($970,0 \pm 428,9$ mg/Kg), magnesio ($534,8 \pm 104,7$ mg/Kg) y cromo ($0,081 \pm 0,103$ mg/Kg). De todos los ñames analizados, los niveles de metales más bajos se observaron en los tubérculos localizados en el municipio de Tacoronte.

Respecto a los metales tóxicos, cadmio y plomo, las concentraciones de cadmio presentes en los ñames de La Orotava se encontraron en todas las muestras por debajo del límite de detección de nuestro aparato ($0,00016$ mg/Kg). En el caso del plomo, en los ñames procedentes de los municipios de La Orotava, Los Realejos y Tacoronte, los niveles encontrados para este metal se situaron por debajo del límite de detección ($0,0007$ mg/Kg).

Con el fin de comprobar la existencia o no de normalidad de los datos, se usaron los test de *Kolmogorov-Smirnov* y de *Shapiro-Wilk* para cada uno de los metales, tal y como se observa en las Tablas 97a y 97b.

Tabla 97a. Pruebas de normalidad en los ñames.							
Metal	Zona	Kolmogorov-Smirnov^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Macroelemento							
Na	Anaga	0,410	4	0,000	0,690	4	0,009
	La Guancha	0,260	2	0,000	0,000	0	0,000
	La Orotava	0,350	4	0,000	0,778	4	0,068
	Los Realejos	0,250	9	0,111	0,874	9	0,136
	Tacoronte	0,244	4	0,000	0,923	4	0,552
K	Anaga	0,259	4	0,000	0,893	4	0,399
	La Guancha	0,260	2	0,000	0,000	0	0,000
	La Orotava	0,369	4	0,000	0,752	4	0,040
	Los Realejos	0,166	9	0,200	0,907	9	0,297
	Tacoronte	0,271	4	0,000	0,892	4	0,393
Ca	Anaga	0,279	4	0,000	0,874	4	0,312
	La Guancha	0,260	2	0,000	0,000	0	0,000
	La Orotava	0,302	4	0,000	0,924	4	0,558
	Los Realejos	0,364	9	0,001	0,783	9	0,013
	Tacoronte	0,248	4	0,000	0,910	4	0,485
Mg	Anaga	0,415	4	0,000	0,684	4	0,007
	La Guancha	0,260	2	0,000	0,000	0	0,000
	La Orotava	0,294	4	0,000	0,848	4	0,221
	Los Realejos	0,164	9	0,200	0,936	9	0,545
	Tacoronte	0,221	4	0,000	0,973	4	0,860
Microelemento							
Cu	Anaga	0,413	4	0,000	0,687	4	0,008
	La Guancha	0,260	2	0,000	0,000	0	0,000
	La Orotava	0,278	4	0,000	0,943	4	0,672
	Los Realejos	0,239	9	0,146	0,875	9	0,140
	Tacoronte	0,212	4	0,000	0,977	4	0,885
Fe	Anaga	0,340	4	0,000	0,821	4	0,146
	La Guancha	0,260	2	0,000	0,000	0	0,000
	La Orotava	0,274	4	0,000	0,841	4	0,199
	Los Realejos	0,129	9	0,200	0,934	9	0,524
	Tacoronte	0,294	4	0,000	0,831	4	0,170
Mn	Anaga	0,271	4	0,000	0,898	4	0,422
	La Guancha	0,260	2	0,000	0,000	0	0,000
	La Orotava	0,370	4	0,000	0,789	4	0,084
	Los Realejos	0,152	9	0,200	0,927	9	0,456
	Tacoronte	0,270	4	0,000	0,946	4	0,689
Zn	Anaga	0,259	4	0,000	0,882	4	0,348
	La Guancha	0,260	2	0,000	0,000	0	0,000
	La Orotava	0,439	4	0,000	0,635	4	0,002
	Los Realejos	0,299	9	0,020	0,786	9	0,014
	Tacoronte	0,293	4	0,000	0,796	4	0,096

Tabla 97b. Pruebas de normalidad en los ñames (continuación).							
Metal	Zona	Kolmogorov-Smirnov^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Microelemento							
Cr	Anaga	0,260	4	0,000	0,828	4	0,162
	La Guancha	0,260	2	0,000	0,000	0	0,000
	La Orotava	0,349	4	0,000	0,865	4	0,279
	Los Realejos	0,356	9	0,002	0,688	9	0,001
	Tacoronte	0,214	4	0,000	0,963	4	0,798
Ni	Anaga	0,333	4	0,000	0,828	4	0,163
	La Guancha	0,260	2	0,000	0,000	0	0,000
	La Orotava	0,333	4	0,000	0,763	4	0,051
	Los Realejos	0,291	9	0,027	0,829	9	0,044
	Tacoronte	0,272	4	0,000	0,941	4	0,659
Tóxicos							
Cd	Anaga	0,441	4	0,000	0,630	4	0,001
	La Guancha	0,260	2	0,000	0,000	0	0,000
	Los Realejos	0,356	9	0,002	0,655	9	0,000
	Tacoronte	0,441	4	0,000	0,630	4	0,001
Pb	La Guancha	0,260	2	0,000	0,000	0	0,000
	La Orotava	0,441	4	0,000	0,630	4	0,001

Debido a que se comprobó la no normalidad de los resultados, se procedió a utilizar test estadísticos no paramétricos (*Kruskal-Wallis*) con el fin de conocer la existencia o no de diferencias significativas entre los metales analizados en los ñames de distinta procedencia (Tabla 98).

Tabla 98. Resumen de la prueba de hipótesis mediante el test de <i>Kruskal-Wallis</i> de las muestras independientes de ñames		
Hipótesis nula	Sig.	Decisión
Macroelementos		
La distribución de Na es la misma entre las categorías de zona	0,004	Rechazar la hipótesis nula
La distribución de K es la misma entre las categorías de zona	0,103	Retener la hipótesis nula
La distribución de Ca es la misma entre las categorías de zona	0,040	Rechazar la hipótesis nula
La distribución de Mg es la misma entre las categorías de zona	0,001	Rechazar la hipótesis nula
Microelementos		
La distribución de Cu es la misma entre las categorías de zona	0,004	Rechazar la hipótesis nula
La distribución de Fe es la misma entre las categorías de zona	0,023	Rechazar la hipótesis nula
La distribución de Mn es la misma entre las categorías de zona	0,100	Retener la hipótesis nula
La distribución de Zn es la misma entre las categorías de zona	0,724	Retener la hipótesis nula
La distribución de Cr es la misma entre las categorías de zona	0,012	Rechazar la hipótesis nula
La distribución de Ni es la misma entre las categorías de zona	0,239	Retener la hipótesis nula
Tóxicos		
La distribución de Cd es la misma entre las categorías de zona	0,036	Rechazar la hipótesis nula
La distribución de Pb es la misma entre las categorías de zona	0,125	Retener la hipótesis nula

Sig. Nivel de significación es 0,05

Puesto que se puso de manifiesto la existencia de diferencias significativas entre las concentraciones de los metales Na, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, Cr, Ni, Cd y Pb con respecto a los ñames de distintas procedencias, se procedió a comprobar entre que ñames de distinta procedencia existían estas diferencias. El test que se utilizó fue la prueba de *U de Mann-Whitney* (Tablas 99-105).

Tabla 99. Estadístico de contraste para el sodio ^b

	1-2	1-3	1-4	1-5	2-5	3-5	4-5
U de Mann-Whitney	0,000	3,000	10,00	1,000	2,000	3,000	0,000
W de Wilcoxon	3,000	13,00	20,00	11,00	12,00	13,00	10,00
Z	-2,121	-2,315	-1,234	-2,632	-0,926	-1,443	-2,309
Sig. Asintót. (bilateral)	0,034	0,021	0,217	0,009	0,355	0,149	0,021
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,036 ^a	0,020 ^a	0,260 ^a	0,006 ^a	0,533 ^a	0,200 ^a	0,029 ^a

1: Anaga; 2: La Guancha; 3: La Orotava; 4: Los Realejos; 5: Tacoronte

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: zona_I.

Tabla 100. Estadístico de contraste para el calcio ^b

	1-2	1-3	1-4	1-5	2-5	3-5	4-5
U de Mann-Whitney	3,000	2,000	6,000	12,00	2,000	2,000	2,000
W de Wilcoxon	48,00	47,00	51,00	57,00	12,00	12,00	12,00
Z	-1,414	-2,469	-1,852	-0,926	-0,926	-1,732	-1,732
Sig. Asintót. (bilateral)	0,157	0,014	0,064	0,355	0,355	0,083	0,083
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,218 ^a	0,011 ^a	0,076 ^a	0,414 ^a	0,533 ^a	0,114 ^a	0,114 ^a

1: Anaga; 2: La Guancha; 3: La Orotava; 4: Los Realejos; 5: Tacoronte

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: zona_I.

Tabla 101. Estadístico de contraste para el magnesio ^b

	1-2	1-3	1-4	1-5	2-5	3-5	4-5
U de Mann-Whitney	3,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000
W de Wilcoxon	6,000	10,00	11,00	10,00	10,00	10,00	11,00
Z	-1,414	-2,777	-2,623	-2,777	-1,852	-2,309	-2,021
Sig. Asintót. (bilateral)	0,157	0,005	0,009	0,005	0,064	0,021	0,043
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,218 ^a	0,003 ^a	0,006 ^a	0,003 ^a	0,133 ^a	0,029 ^a	0,057 ^a

1: Anaga; 2: La Guancha; 3: La Orotava; 4: Los Realejos; 5: Tacoronte

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: zona_I.

Tabla 102. Estadístico de contraste para el cobre ^b

	1-2	1-3	1-4	1-5	2-5	3-5	4-5
U de Mann-Whitney	2,000	18,00	0,000	0,000	0,000	1,000	4,000
W de Wilcoxon	47,00	28,00	10,00	10,00	10,00	11,00	14,00
Z	-1,650	0,000	-2,777	-2,777	-1,852	-2,021	-1,155
Sig. Asintót. (bilateral)	0,099	1,000	0,005	0,005	0,064	0,043	0,248
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,145 ^a	1,000 ^a	0,003 ^a	0,003 ^a	0,133 ^a	0,057 ^a	0,343 ^a

1: Anaga; 2: La Guancha; 3: La Orotava; 4: Los Realejos; 5: Tacoronte

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: zona_I.

Tabla 103. Estadístico de contraste para el hierro ^b

	1-2	1-3	1-4	1-5	2-5	3-5	4-5
U de Mann-Whitney	9,000	2,000	6,000	7,000	1,000	0,000	4,000
W de Wilcoxon	12,00	47,00	16,00	17,00	11,00	10,00	14,00
Z	0,000	-2,469	-1,852	-1,697	-1,389	-2,309	-1,155
Sig. Asintót. (bilateral)	1,000	0,014	0,064	0,090	0,165	0,021	0,248
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	1,000 ^a	0,011 ^a	0,076 ^a	0,106 ^a	0,267 ^a	0,029 ^a	0,343 ^a

1: Anaga; 2: La Guancha; 3: La Orotava; 4: Los Realejos; 5: Tacoronte

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: zona_I.

Tabla 104. Estadístico de contraste para el cromo ^b

	1-2	1-3	1-4	1-5	2-5	3-5	4-5
U de Mann-Whitney	9,000	12,50	5,500	0,000	0,000	0,000	0,500
W de Wilcoxon	12,00	22,50	15,50	10,00	10,00	10,00	10,50
Z	0,000	-0,855	-1,937	-2,777	-1,852	-2,323	-2,178
Sig. Asintót. (bilateral)	1,000	0,393	0,053	0,005	0,064	0,020	0,029
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	1,000 ^a	0,414 ^a	0,050 ^a	0,003 ^a	0,133 ^a	0,029 ^a	0,029 ^a

1: Anaga; 2: La Guancha; 3: La Orotava; 4: Los Realejos; 5: Tacoronte

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: zona_I.

	1-2	1-3	1-4	1-5	2-5	3-5	4-5
U de Mann-Whitney	2,000	8,000	14,00	6,000	2,500	6,000	1,500
W de Wilcoxon	47,00	53,00	59,00	51,00	12,50	16,00	11,50
Z	-1,824	-1,826	-0,658	-2,082	-0,822	-1,000	-2,055
Sig. Asintót. (bilateral)	0,068	0,068	0,510	0,037	0,411	0,317	0,040
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,145 ^a	0,148 ^a	0,604 ^a	0,076 ^a	0,533 ^a	0,686 ^a	0,057 ^a

1: Anaga; 2: La Guancha; 3: La Orotava; 4: Los Realejos; 5: Tacoronte

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: zona_I.

Los resultados de este test se muestran a continuación:

Sodio

La concentración media de sodio en ñames fue $565,6 \pm 486,4$ mg/Kg. Las concentraciones medias de sodio varían ampliamente entre los ñames de distinta procedencia. Cabe destacar que los ñames de Los Realejos presentaron los niveles medios más altos ($970,0 \pm 428,9$ mg/Kg) mientras que las concentraciones medias más bajas de este metal se reflejaron en los ñames de Anaga ($58,62 \pm 79,89$ mg/Kg). Existen diferencias significativas de concentración de este metal entre los ñames recogidos en las zonas de Los Realejos y Tacoronte con respecto al resto de las zonas estudiadas, siendo además, las zonas cuyos ñames presentan mayores contenidos en sodio, tal y como se puede observar en la Figura 99.

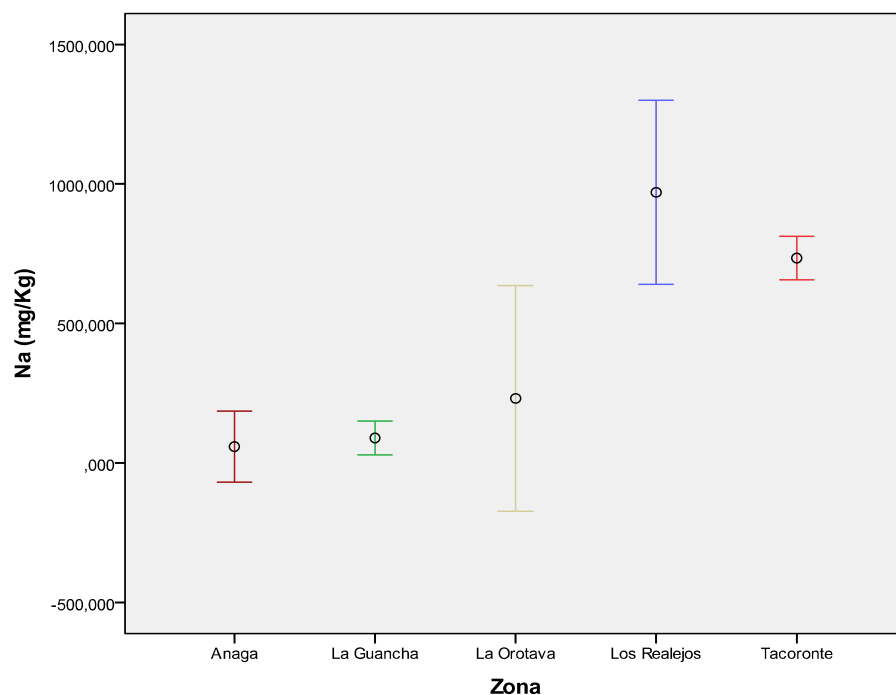


Figura 99. Concentraciones de Na en los ñames estudiados según la procedencia.

Potasio

Desde un punto de vista cuantitativo, el potasio es el metal que se encuentra en mayor concentración en comparación con los metales restantes. El intervalo de concentración estuvo comprendido entre $1375 \pm 395,6$ mg/Kg para los ñames de Anaga y 4340 ± 2266 mg/Kg para los ñames procedentes de La Orotava. La concentración media de potasio fue 2947 ± 1568 mg/Kg, no existiendo diferencias significativas entre el contenido de este metal en los ñames según la zona de procedencia (Figura 100).

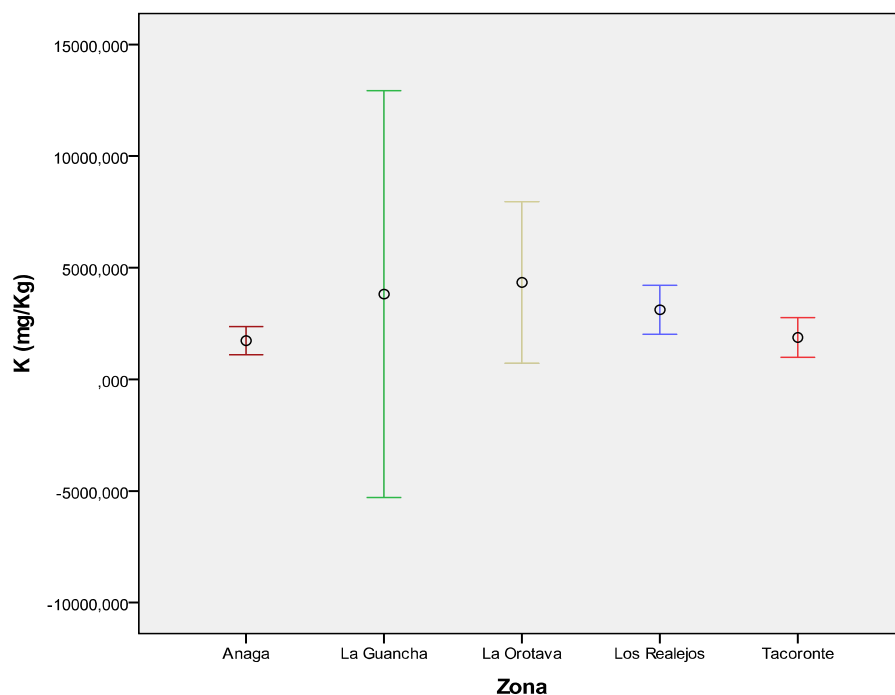


Figura 100. Concentraciones de K en los ñames estudiados según la procedencia.

Calcio

La concentración media de calcio fue $231,4 \pm 117,2$ mg/Kg. Los ñames de La Orotava mostraron las concentraciones medias más altas ($392,2 \pm 178,9$ mg/Kg) mientras que las concentraciones más bajas se reflejaron en los ñames de Los Realejos ($168,7 \pm 78,70$ mg/Kg). Tal y como puede observarse en la Figura 101, existen diferencias significativas en cuanto a las concentraciones de calcio en los ñames de la zona de La Orotava (mayores concentraciones), los de las zonas de La Guancha y Tacoronte (concentraciones medias) y los de las zonas de Anaga y Los Realejos (concentraciones menores).

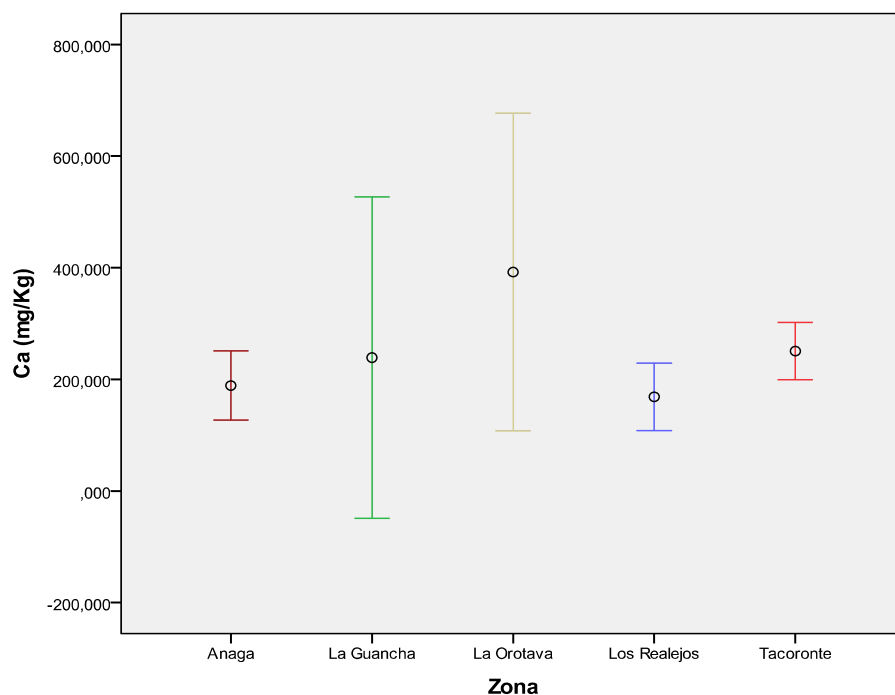


Figura 101. Concentraciones de Ca en los ñames estudiados según la procedencia.

Magnesio

Las concentraciones medias de magnesio en los ñames de distinta procedencia variaron ampliamente. La concentración media de magnesio fue $364,5 \pm 187,3$ mg/Kg. El intervalo de concentración estuvo comprendido entre $73,29 \pm 90,23$ mg/Kg (ñames de Anaga) y $534,8 \pm 104,7$ mg/Kg (ñames de Los Realejos). Los ñames procedentes de La Guancha se diferencian significativamente del resto de los ñames de las zonas estudiadas en cuanto a su contenido en magnesio (Figura 102).

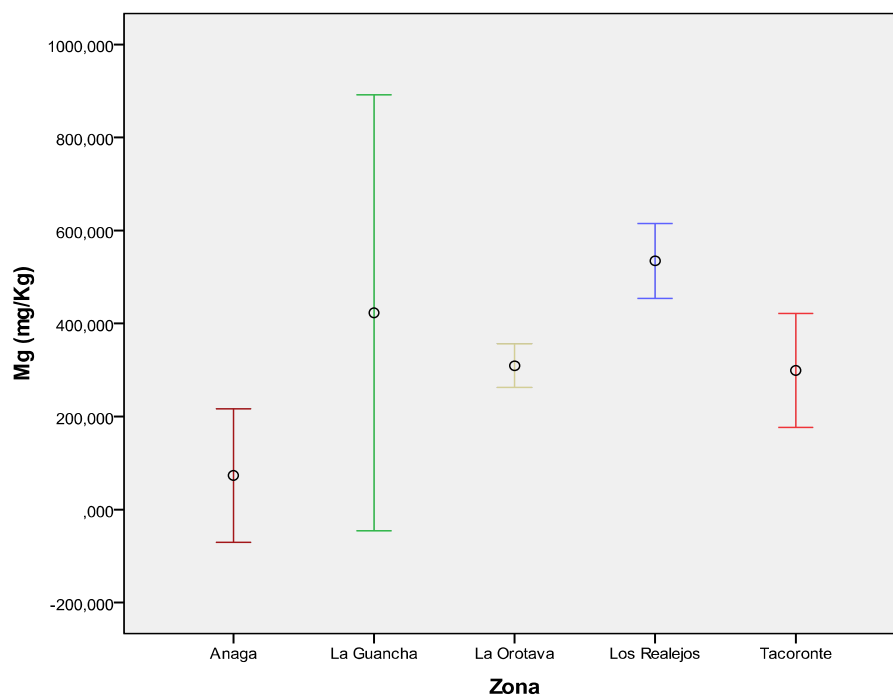


Figura 102. Concentraciones de Mg en los ñames estudiados según la procedencia.

Cobre

Respecto al contenido de este metal en los ñames, los mayores contenidos se presentaron en los tubérculos procedentes de La Guancha ($2,873 \pm 0,817$ mg/Kg) mientras que las concentraciones medias más bajas se reflejaron en los ñames de Anaga ($0,216 \pm 0,229$ mg/Kg). La concentración media de cobre fue $1,224 \pm 1,044$ mg/Kg. No existen diferencias significativas entre los ñames de Anaga y Tacoronte, pero éstos se diferencian significativamente de los ñames de las restantes zonas estudiadas, tal y como se puede observar en la Figura 103.

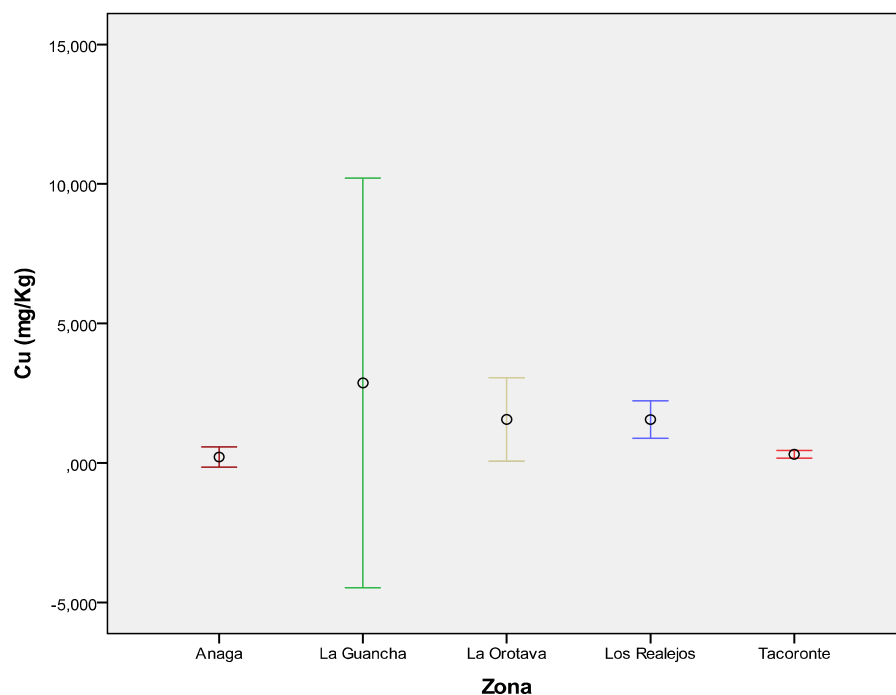


Figura 103. Concentraciones de Cu en los ñames estudiados según la procedencia.

Hierro

El hierro fue el metal más abundante de todos los microelementos estudiados. La concentración media de este metal en todas las muestras analizadas fue $3,818 \pm 2,018$ mg/Kg. El intervalo de concentración estuvo comprendido entre $2,116 \pm 1,713$ mg/Kg para los ñames de Anaga y $6,200 \pm 1,372$ mg/Kg para los ñames de La Orotava. Aunque existe una alta variabilidad de las muestras estudiadas en la zona de La Guancha, los ñames de La Orotava se diferencian significativamente de los ñames del resto de las zonas a estudio (Figura 104).

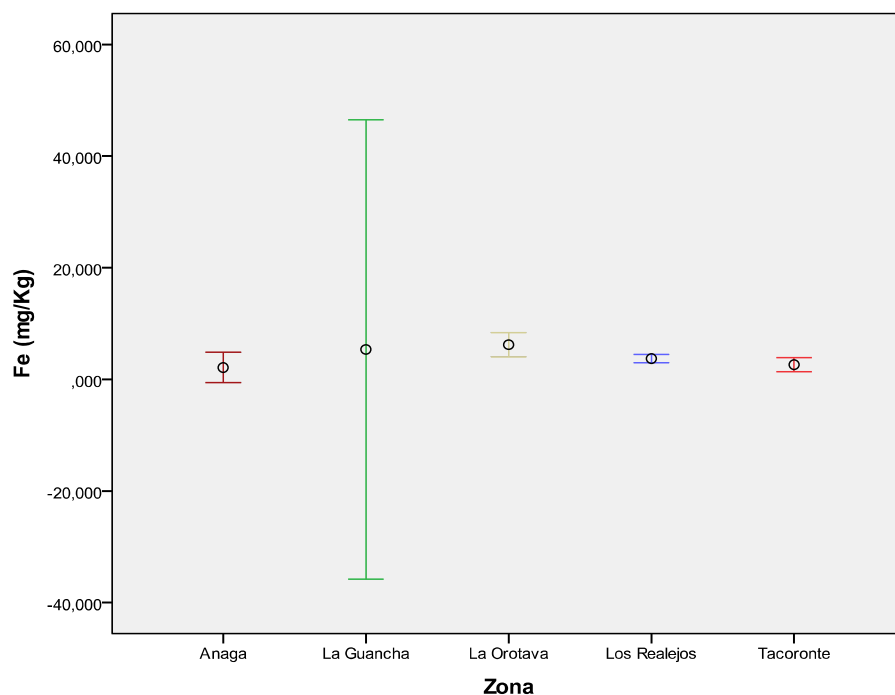


Figura 104. Concentraciones de Fe en los ñames estudiados según la procedencia.

Manganeso

A diferencia de otros metales, las concentraciones medias de manganeso no variaron ampliamente entre los ñames de distintas procedencia. Las concentraciones medias de manganeso más elevadas se detectaron en los ñames de La Orotava ($1,711 \pm 0,323$ mg/Kg) mientras que los ñames de Anaga reflejaron las concentraciones más bajas ($0,827 \pm 0,193$ mg/Kg). Cabe destacar que los ñames de La Orotava y de Los Realejos presentaron niveles similares respecto a este metal. Para todos los ñames analizados, la concentración media de manganeso fue $1,408 \pm 0,664$ mg/Kg (Figura 105).

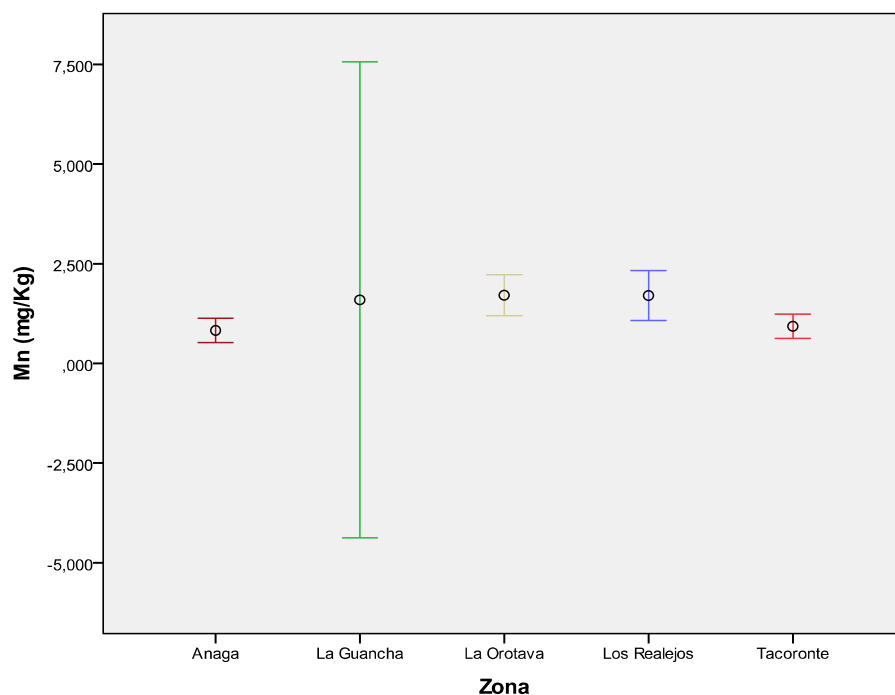


Figura 105. Concentraciones de Mn en los ñames estudiados según la procedencia.

Zinc

El intervalo de concentración media para este metal estuvo comprendido entre $1,430 \pm 1,044$ mg/Kg para los ñames de Tacoronte y $4,884 \pm 5,248$ mg/Kg para los ñames de La Guancha. La concentración media de este metal fue $2,242 \pm 2,033$ mg/Kg (Figura 106).

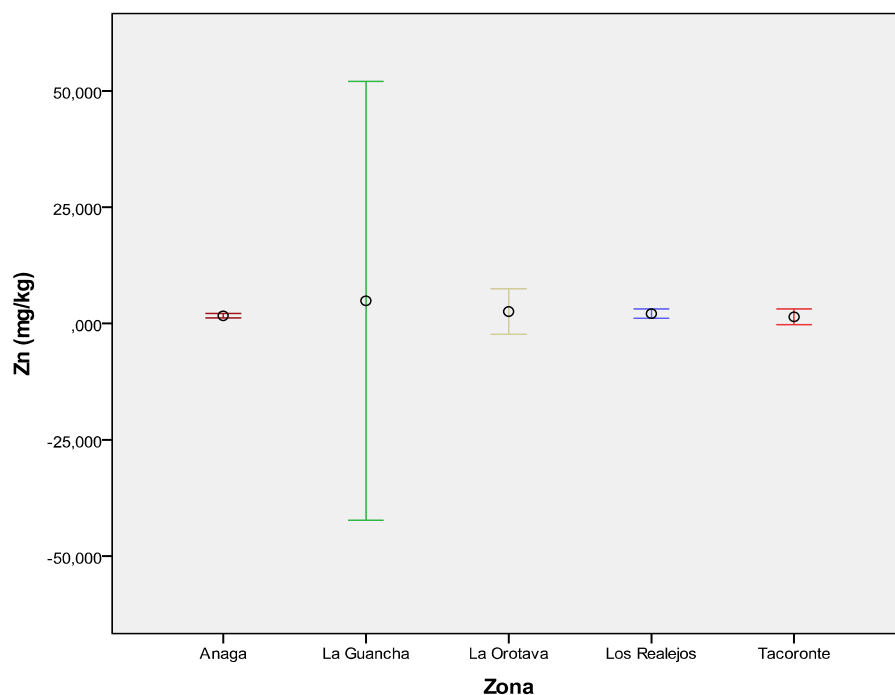


Figura 106. Concentraciones de Zn en los ñames estudiados según la procedencia.

Cromo

Las mayores concentraciones medias de cromo se presentaron en los ñames procedentes de Los Realejos ($0,081 \pm 0,103$ mg/Kg) mientras que los ñames de Anaga reflejaron las concentraciones medias más bajas ($0,0075 \pm 0,003$ mg/Kg). La concentración media de cromo fue $0,044 \pm 0,06$ mg/Kg, existiendo diferencias significativas entre los ñames procedentes de la zona de Los Realejos y el resto de las zonas estudiadas, tal y como se observa en la Figura 107.

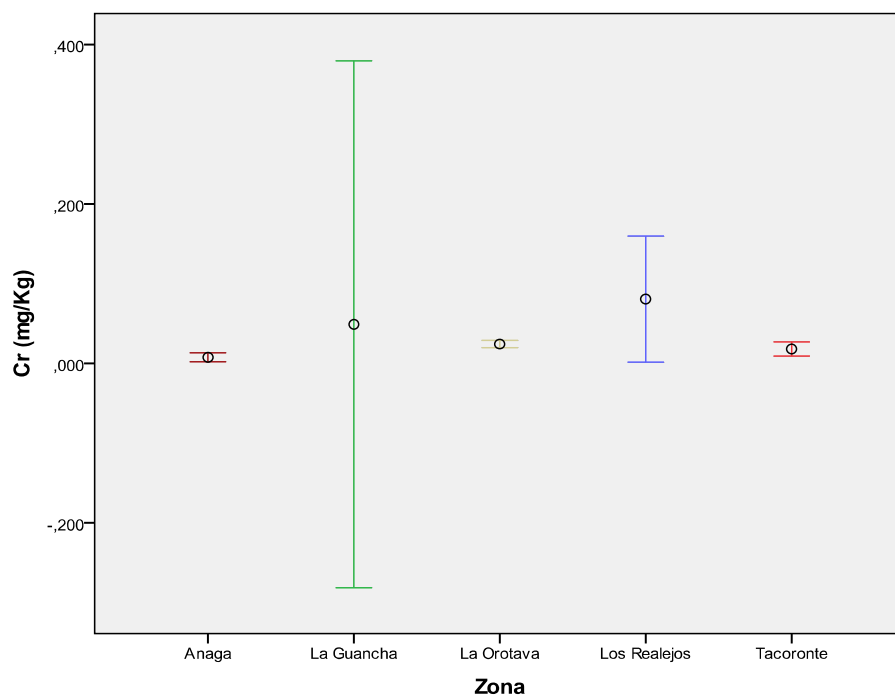


Figura 107. Concentraciones de Cr en los ñames estudiados según la procedencia.

Níquel

Respecto al contenido de níquel en los ñames, el intervalo de concentración media estuvo comprendido entre $0,008 \pm 0,012$ mg/Kg (ñames de La Orotava) y $0,026 \pm 0,018$ mg/Kg (ñames de Anaga). Cabe destacar que los ñames de La Guancha y de Los Realejos presentaron concentraciones similares respecto a este metal. La concentración media de níquel fue $0,0215 \pm 0,012$ mg/Kg (Figura 108).

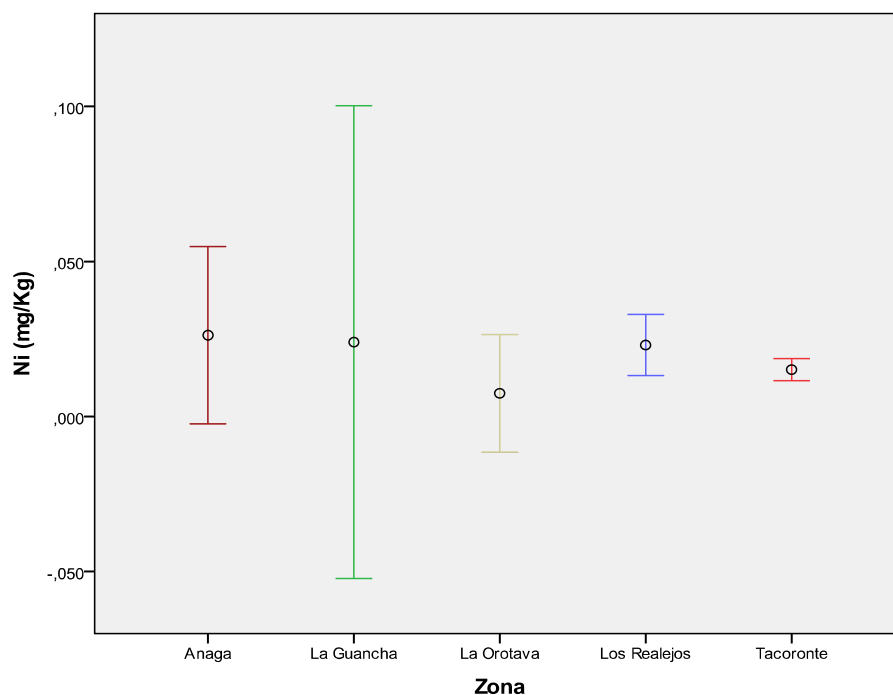


Figura 108. Concentraciones de Ni en los ñames estudiados según la procedencia.

Cadmio

Los ñames procedentes de La Guancha mostraron las concentraciones medias de cadmio más altas ($0,00875 \pm 0,0088$ mg/Kg) mientras que los niveles más bajos se reflejaron en los ñames localizados en Los Realejos ($0,0011 \pm 0,0013$ mg/Kg). Cabe destacar que los niveles de cadmio en los ñames de La Orotava estaban por debajo del límite de detección. La concentración media de cadmio de todas las muestras analizadas fue $0,0033 \pm 0,002$ mg/Kg (Figura 109). Cabe destacar que las concentraciones medias de cadmio obtenidas en este estudio no superan el límite máximo establecido actualmente.

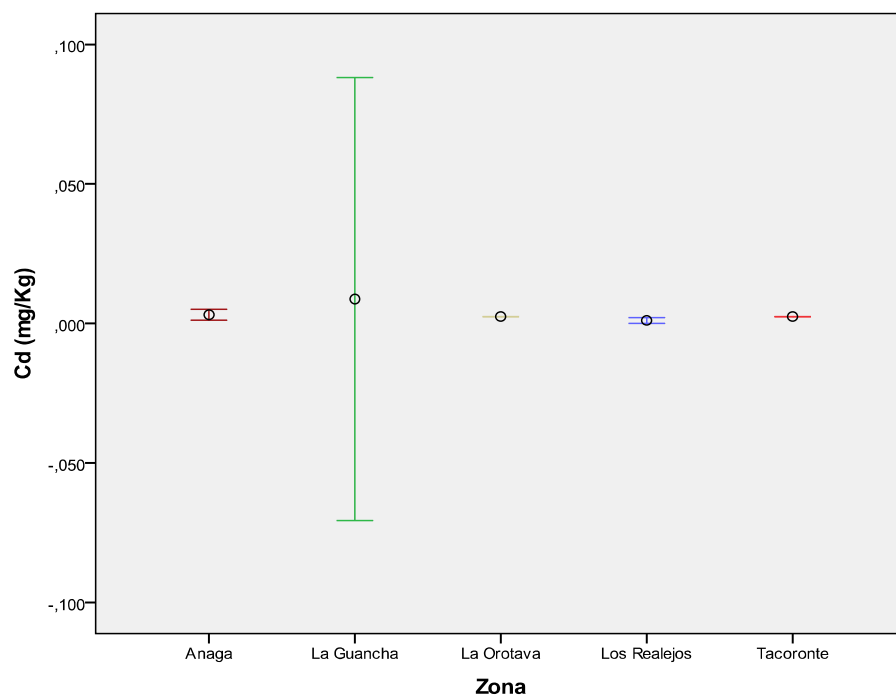


Figura 109. Concentraciones de Cd en los ñames estudiados según la procedencia.

Plomo

La concentración media de plomo fue $0,0062 \pm 0,002$ mg/Kg (Figura 110). El intervalo de concentración media para este metal estuvo comprendido entre $0,00125 \pm 0,0025$ mg/Kg para los ñames de La Guancha y $0,00374 \pm 0,0053$ mg/Kg para los ñames de Anaga. Cabe destacar que los niveles de plomo en los ñames de La Orotava, Los Realejos y Tacoronte estuvieron por debajo del límite de detección. Todas las muestras de ñames analizadas contienen niveles de plomo por debajo del valor máximo fijado por la legislación.

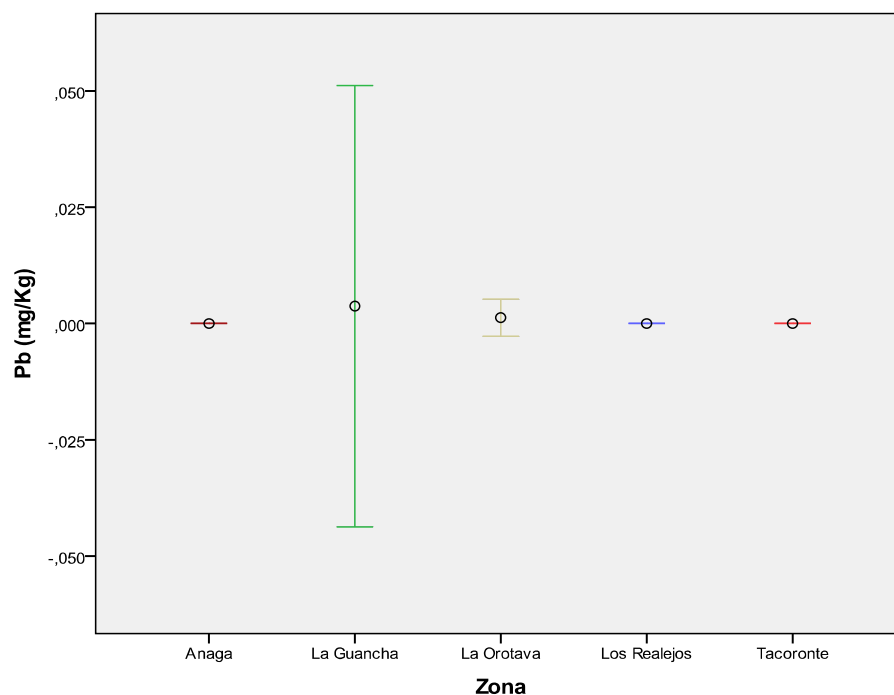


Figura 110. Concentraciones de Pb en los ñames estudiados según la procedencia.

4.3.2. ESTUDIOS DE CORRELACIONES INTERMETÁLICAS EN ÑAMES

Los estudios de correlación estadística han puesto de manifiesto la interdependencia, tanto positiva como negativa, entre los metales estudiados en los ñames. Se ha empleado el test de correlaciones de *Rho de Spearman*. La Tabla 106 presenta los resultados del estudio de correlación entre los metales en los ñames analizados.

Tabla 106. Estudio de correlaciones intermetálicas de los ñames analizados

	Na	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	Cr	Ni	Cd	Pb
Na	1	-0,077 ^a (0,727)	-0,136 ^a (0,535)	0,709 ^{a**} (0,000)	0,153 ^a (0,485)	0,097 ^a (0,660)	0,280 ^a (0,196)	-0,135 ^a (0,538)	0,326 ^a (0,129)	-0,080 ^a (0,716)	-0,348 ^a (0,104)	-0,503 ^{a*} (0,014)
K		1	0,339 ^a (0,114)	0,336 ^a (0,117)	0,759 ^{a**} (0,000)	0,636 ^{a**} (0,001)	0,457 ^{a*} (-0,029)	0,213 ^a (0,328)	0,505 ^{a*} (0,014)	-0,106 ^a (0,631)	0,368 ^a (0,084)	-0,011 ^a (0,960)
Ca			1	-0,257 ^a (0,237)	0,168 ^a (0,444)	0,265 ^a (0,222)	0,228 ^a (0,295)	0,002 ^a (0,993)	-0,012 ^a (0,955)	-0,487 ^{a*} (0,018)	0,366 ^a (0,086)	0,184 ^a (0,402)
Mg				1	0,632 ^{a**} (0,001)	0,341 ^a (0,111)	0,504 ^{a*} (0,014)	0,018 ^a (0,936)	0,588 ^{a**} (0,003)	-0,002 ^a (0,991)	0,026 ^a (0,905)	-0,366 ^a (0,086)
Cu					1	0,519 ^{a*} (0,011)	0,464 ^{a*} (0,026)	0,210 ^a (0,335)	0,671 ^{a**} (0,000)	-0,004 ^a (0,984)	0,283 ^a (0,191)	-0,186 ^a (0,396)
Fe						1	0,564 ^{a**} (0,005)	0,072 ^a (0,744)	0,526 ^{a**} (0,010)	-0,042 ^a (0,850)	0,467 ^{a*} (0,025)	0,255 ^a (0,240)
Mn							1	0,185 ^a (0,399)	0,467 ^{a*} (0,025)	-0,167 ^a (0,445)	0,283 ^a (0,191)	-0,041 ^a (0,854)
Zn								1	0,103 ^a (0,641)	0,117 ^a (0,596)	0,089 ^a (0,687)	0,233 ^a (0,285)
Cr									1	0,339 ^a (0,113)	0,251 ^a (0,249)	-0,393 ^a (0,063)
Ni										1	-0,018 ^a (0,934)	-0,050 ^a (0,821)
Cd											1	0,371 ^a (0,081)
Pb												1

a. Coeficientes de correlación de Rho de Spearman
(). Nivel de significación
*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).
**. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

En los ñames se han encontrado correlaciones positivas entre los metales magnesio-sodio, magnesio-cromo, cobre-magnesio, cobre-potasio, cobre-cromo, hierro-cromo, hierro-potasio y manganeso-hierro (Figuras 111-118).

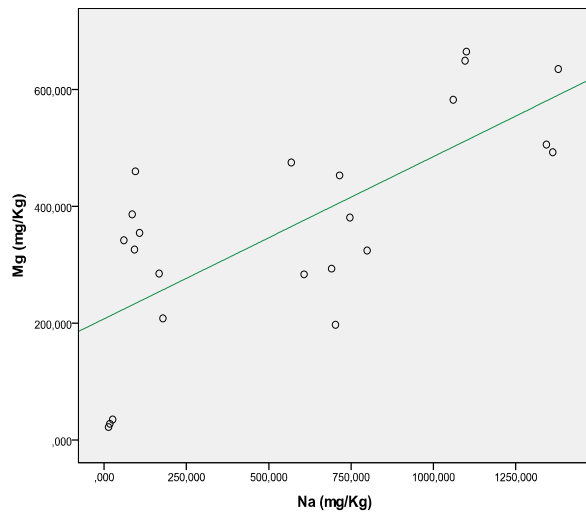


Figura 111. Correlación positiva Mg-Na

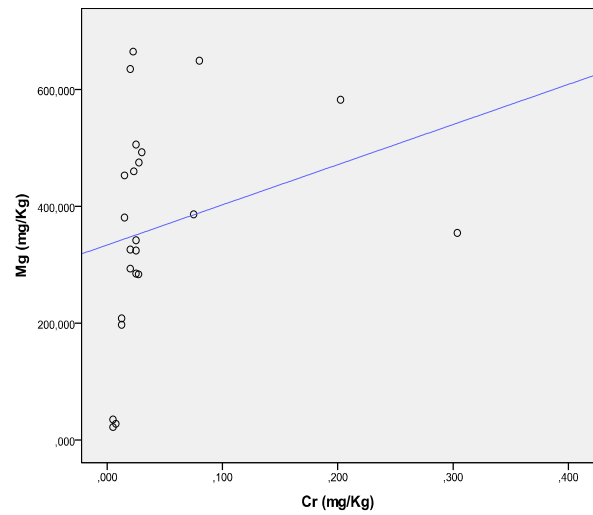


Figura 112. Correlación positiva Mg-Cr

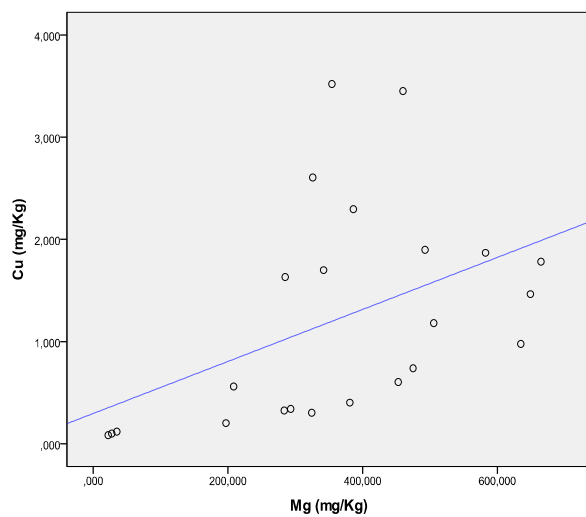


Figura 113. Correlación positiva Cu-Mg

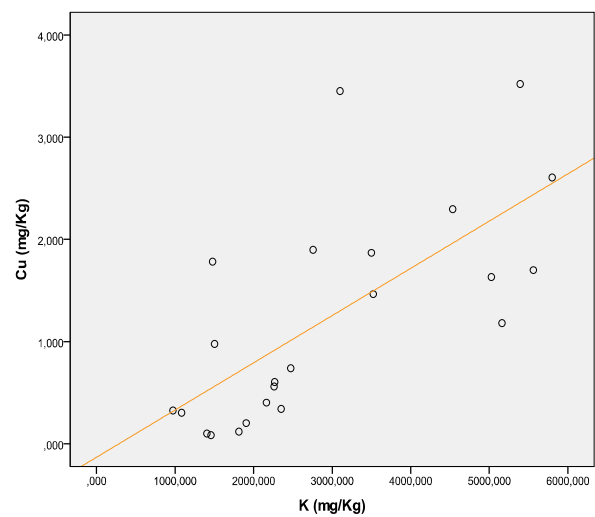


Figura 114. Correlación positiva Cu-K

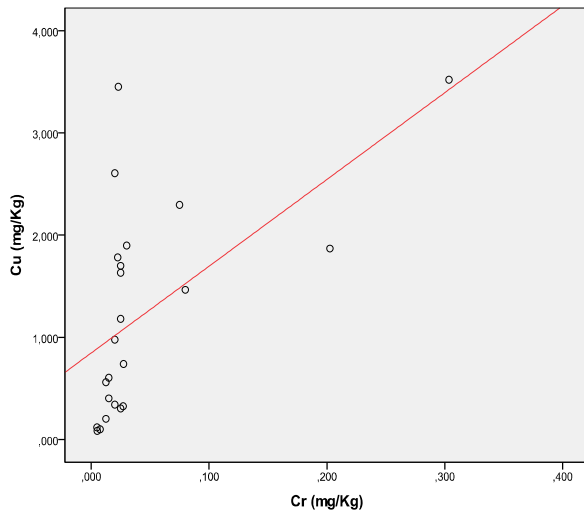


Figura 115. Correlación positiva Cu-Cr

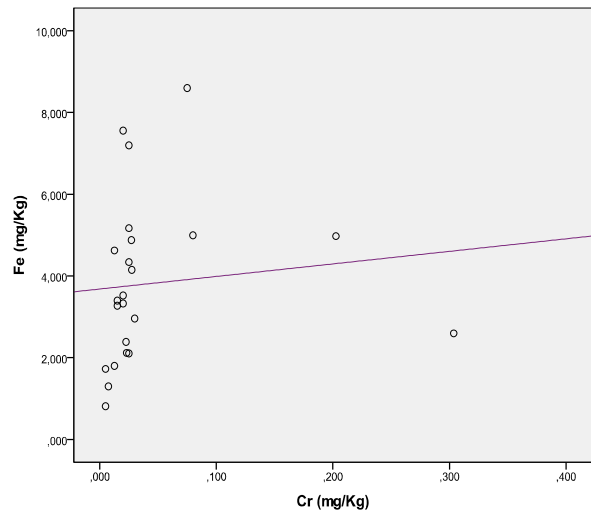


Figura 116. Correlación positiva Fe-Cr

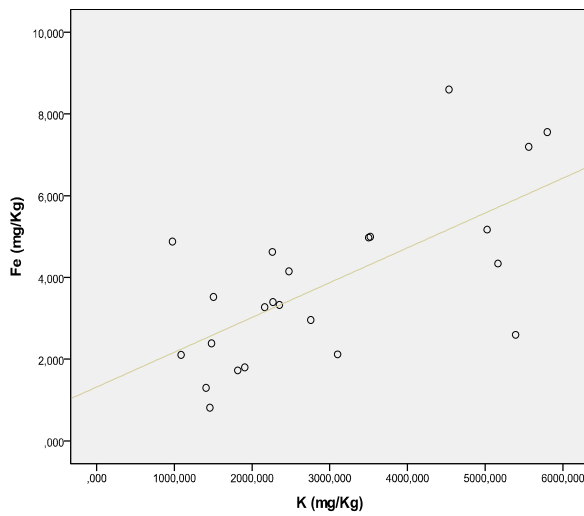


Figura 117. Correlación positiva Fe-K

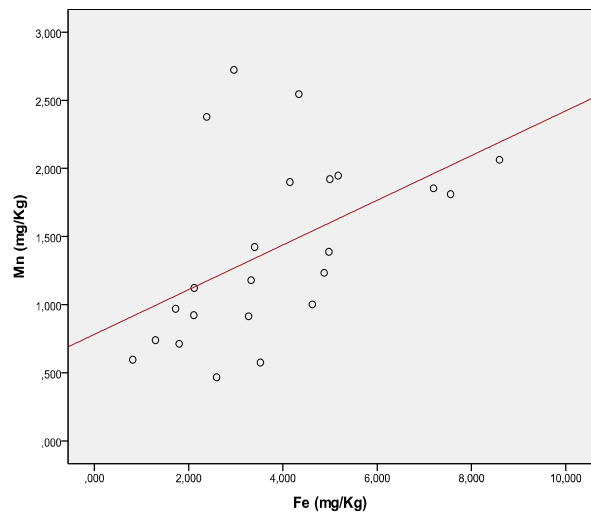


Figura 118. Correlación positiva Mn-Fe

Al comparar las correlaciones intermetálicas, positivas y negativas, obtenidas para los distintos tubérculos analizados se puede observar que no se presentan correlaciones similares entre los ñames y las papas. Asimismo, en los ñames y las batatas se refleja la correlación positiva Fe-Mn.

4.3.3. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE METALES EN ÑAMES CON LOS DE OTROS AUTORES.

La Tabla 107 muestra una comparación del contenido de metales en nuestros ñames con los obtenidos por distintos autores en diferentes países.

Tabla 107. Comparación del contenido en metales en ñames con otros autores (mg/Kg peso fresco).

Origen	Na	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	Cr	Ni	Cd	Pb	Referencia
Australia	18	4480	320	1150	1,8	4,3	3,5	38	-	-	-	-	Bradbury y Holloway, 1988
Nigeria	-	-	-	-	nd	1,05	nd	0,02	-	-	0,01	0,35	Ukhun y cols., 1990
España	-	3500	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Senser y Scherz, 1999
Nigeria	-	-	-	-	4,73	-	-	10,0	-	-	-	-	Onianwa y cols., 2001
Nepal	41,5-178	2500-5600	143-469	183-273	1,00-2,10	3,9-29,2	1,4-3,5	2,2-5,3	-	-	-	-	Bhandari y cols., 2003
Uganda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,09-0,18	1,83-2,71	Nabulo y cols., 2006
Colombia	70-360	1830-2870	300-500	270-370	0,6-1,9	21,5-30,9	2,0-14	8,9-13,7	nd-0,1	nd-0,4	-	-	Leterme y cols., 2006
Ghana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,089-0,274	-	Essumang y cols., 2007
Kenia	-	-	649	-	-	5,4	-	0,64	-	-	-	-	Orech y cols., 2007
Nigeria	1900-3800	2400-4000	202-802	243-972	-	-	-	-	-	-	-	-	Udensi y cols., 2008
China	-	-	-	-	2,60-3,13	-	-	19,2-48,1	-	-	0,001-0,71	0,18-0,36	Zhuang y cols., 2009
España	565,6	2947	231,4	364,5	1,224	3,818	1,408	2,242	0,044	0,021	0,0033	0,006	Este estudio, 2012

nd: No detectado

Al comparar los contenidos de los metales analizados en los ñames con los obtenidos por otros autores de distinta procedencia destacamos los siguientes resultados:

Sodio (Tabla 107): Las concentraciones de sodio propuestas son muy variadas. Exceptuando Udensi y cols. (2008), que presentaron valores superiores a los de este trabajo, los niveles medio de este elemento (565,6 mg/Kg) resultaron inferiores al resto de las referencias consultadas.

Potasio (Tabla 107): Los niveles de potasio de este estudio (2947 mg/Kg) se encuentran entre los rangos de concentración expuestos por Bhandari y cols. (2003) y Udensi y cols. (2008), respectivamente. Cabe destacar que nuestras concentraciones de potasio son superiores al intervalo que propone Leterme y cols. (2006) e inferiores a las del resto de los autores consultados.

Calcio (Tabla 107): El valor de la concentración media de calcio en estos tubérculos (231,4 mg/Kg) está dentro del intervalo de concentraciones que proponen Bhandari y cols. (2003) y Udensi y cols. (2008), mientras que son inferiores a las fijadas por el resto.

Magnesio (Tabla 107): Tras comparar nuestros contenidos de magnesio (364,5 mg/Kg) con los que diversos autores presentan para los ñames se deduce que los niveles de este elemento es inferior al de Badbury y Holloway (1988), si bien es superior al de Bhandari y cols. (2003) y entra dentro del intervalo de concentraciones expuesto por Leterme y cols. (2006) y Udensi y cols. (2008).

Cobre (Tabla 107): A excepción de Ukhun y cols. (1990), que presenta en su estudio niveles de cobre por debajo del límite de detección, los contenidos determinados en este estudio (1,224 mg/Kg) se encuentran entre los rangos de concentración expuestos por Bhandari y cols. (2003) y Leterme y cols. (2006), mientras que son inferiores al resto de los autores consultados.

Hierro (Tabla 107): A excepción de Ukhun y cols. (1990), que presenta valores inferiores en comparación a los de este trabajo (3,818 mg/Kg), los niveles de hierro encontrados en los ñames de otra procedencia, se caracterizan por ser superiores a los encontrados en este estudio.

Manganeso (Tabla 107): Al estudiar los resultados obtenidos en estos tubérculos (1,408 mg/Kg) se observa que a excepción de Ukhun y cols. (1990), que presentan en su estudio concentraciones de manganeso por debajo del

límite de detección, los niveles determinados se encuentran entre los rangos de concentración expuestos por Bhandari y cols. (2003), mientras que son inferiores al del resto de los autores consultados.

Zinc (Tabla 107): Las concentraciones de zinc obtenidas en este estudio (2,242 mg/Kg) se encuentran dentro del intervalo de concentraciones propuestas por Bhandari y cols. (2003), mientras que son superiores a las recogidas por Ukhun y cols. (1990) y Orech y cols. (2007), e inferiores a las fijadas por el resto de los autores consultados.

Cromo (Tabla 107): Las fuentes citadas en la tabla recogen para estos tubérculos, niveles de cromo de nd (no detectado) - 0,1 mg/Kg y la concentración media obtenida en este estudio fue 0,044 mg/Kg, lo que significa que los ñames consumidos en Tenerife contienen niveles de cromo dentro del intervalo anterior.

Níquel (Tabla 107): Los ñames presentaron una concentración media de níquel de 0,021 mg/Kg, lo que significa que estos tubérculos contienen niveles de este elemento dentro del rango propuesto por Leterme y cols. (2006).

Cadmio (Tabla 107): Al estudiar los resultados obtenidos de cadmio se observa que la concentración media de cadmio determinada en este estudio (0,0033 mg/Kg) resultó inferior a las fijadas por las referencias consultadas (Ukhun y cols., 1990; Nabulo y cols., 2006; Essumang y cols., 2007; Zhuang y cols., 2009).

Plomo (Tabla 107): Tras comparar nuestros contenidos de plomo (0,006 mg/Kg) con los que diversos autores presentan se deduce que los niveles de este elemento son muy inferiores a los de las fuentes consultadas. Cabe destacar que las concentraciones medias de plomo obtenidas en este estudio no supera el límite máximo establecido actualmente.

4.4. COMPARACIÓN DEL CONTENIDO METÁLICO ENTRE LOS TRES TUBÉRCULOS ANALIZADOS

La Tabla 108 muestra una comparación del contenido de metales esenciales y tóxicos entre papas, las batatas y los ñames sometidos a estudio.

Tabla 108. Comparación del contenido metálico de los tres tubérculos analizados (papas, batatas y ñames) (mg/Kg)			
Metal	Tubérculo		
	Papas	Batatas	Ñames
Macroelementos			
Na	136,7 ± 78,80	499,9 ± 314,5	565,6 ± 486,4
K	4154 ± 1590	4408 ± 1641	2947 ± 1568
Ca	66,38 ± 56,50	563,8 ± 532,4	231,4 ± 117,1
Mg	276,5 ± 149,8	609,2 ± 565,8	364,5 ± 187,3
Microelementos			
Cu	1,289 ± 0,649	1,291 ± 0,425	1,224 ± 1,043
Fe	4,672 ± 1,291	6,554 ± 5,389	3,818 ± 2,018
Mn	1,590 ± 0,790	2,324 ± 1,946	1,408 ± 0,664
Zn	3,396 ± 0,985	2,348 ± 1,146	2,242 ± 2,033
Cr	0,018 ± 0,007	0,028 ± 0,016	0,044 ± 0,069
Ni	0,054 ± 0,005	0,048 ± 0,020	0,021 ± 0,012
Tóxicos			
Cd	0,010 ± 0,010	0,0008 ± 0,001	0,003 ± 0,002
Pb	0,014 ± 0,012	0,003 ± 0,001	0,006 ± 0,003

Al comparar las concentraciones metálicas de los tubérculos analizados (papas, batatas y ñames, respectivamente) destacan los siguientes resultados (Tabla 108):

Sodio: Las concentraciones medias de sodio en los ñames (565,6 mg/Kg) fueron superiores en comparación a las de las papas (136,7 mg/Kg) y las batatas (499,9 mg/Kg), respectivamente. Cabe destacar, que en los ñames, a diferencia de los otros tubérculos analizados, el sodio constituye el segundo metal esencial en abundancia.

Potasio: Desde un punto de vista cuantitativo, el potasio es el metal mayoritario en los tres tubérculos analizados. Los mayores contenidos de potasio se presentan en las batatas (4408 mg/Kg), mientras que los ñames reflejan los niveles más bajos (2947 mg/Kg).

Calcio: Los contenidos medios de calcio varían ampliamente entre los diferentes tubérculos analizados. Respecto a este elemento, la secuencia de concentración es la siguiente: batatas (563,8 mg/Kg) > ñames (231,4 mg/Kg) > papas (66,38 mg/Kg).

Magnesio: De manera similar que el calcio, los niveles de magnesio varían ampliamente en las papas, las batatas y los ñames, respectivamente. Las concentraciones medias de magnesio en las batatas (609,2 mg/Kg) fueron superiores en comparación a las de las papas y los ñames (276,5 mg/Kg y 364,5 mg/Kg, respectivamente). Cabe destacar que, en el caso de las papas y las batatas, el magnesio constituye el segundo metal esencial en abundancia.

Cobre: Para los tres tubérculos sometidos a análisis, los contenidos medios de cobre fueron similares (1,289 mg/Kg en las papas, 1,291 mg/Kg en las batatas y 1,224 mg/Kg en los ñames, respectivamente).

Hierro: Los niveles más altos de hierro se detectaron en las batatas (6,554 mg/Kg) mientras que los ñames reflejaron los contenidos más bajos (3,818 mg/Kg).

Manganeso: Respecto al contenido de este elemento, la secuencia de concentración es la siguiente: batatas (2,324 mg/Kg) > papas (1,590 mg/Kg) > ñames (1,408 mg/Kg).

Zinc: Las concentraciones medias de zinc en las papas (3,396 mg/Kg) fueron superiores en comparación a las de las batatas y los ñames (2,348 mg/Kg y 2,242 mg/Kg, respectivamente). Cabe destacar que las batatas y los ñames presentan niveles medios similares.

Cromo: Los mayores contenidos medios de cromo se presentaron en los ñames (0,044 mg/Kg) mientras que las papas reflejaron las concentraciones más bajas (0,018 mg/Kg).

Níquel: Respecto a este metal, la secuencia de concentración es la siguiente: papas (0,054 mg/Kg) > batatas (0,048 mg/Kg) > ñames (0,021 mg/Kg), respectivamente.

Cadmio: Los contenidos medios de cadmio varían ampliamente entre los diferentes tubérculos analizados. Las concentraciones medias de cadmio en las papas (0,010 mg/Kg) fueron superiores comparadas a las de las batatas (0,0008 mg/Kg) y los ñames (0,003 mg/Kg), respectivamente.

Plomo: Análogamente al cadmio, los contenidos medios más altos de plomo se observaron en las papas (0,014 mg/Kg) mientras que las batatas reflejaron los niveles más bajos (0,003 mg/Kg).

4.5. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y CENIZAS EN LOS TUBÉRCULOS ESTUDIADOS

4.5.1. SEGÚN VARIEDADES DE PAPAS

La humedad en las muestras de tubérculos se determinaron mediante desecación de acuerdo al método descrito por la AOAC (AOAC, 1990) hasta alcanzar un peso constante (Wolnik y cols., 1983b; Buono y cols., 2009). Las cenizas fueron determinadas tras llevarse a cabo la incineración de los tubérculos. En la Tabla 109 se exponen los niveles de humedad y cenizas, en porcentaje, en la masa de las diferentes variedades de papas analizadas.

Tabla 109. Porcentaje de humedad y cenizas presente en la masa de distintas variedades de papas (%)								
Variedad	Humedad				Cenizas			
	Min.	Máx.	Media	Desv. estándar	Min.	Máx.	Media	Desv. estándar
Antiguas								
Bonita	73,10	79,36	75,78	2,424	0,909	1,650	1,300	0,228
Colorada	70,65	80,65	77,21	3,115	1,049	1,650	1,249	0,163
Negra	73,10	80,53	77,68	1,880	1,047	1,549	1,275	0,150
Venezolana	71,35	79,19	75,26	2,103	0,998	1,600	1,291	0,165
Importación								
Cara	77,45	82,81	80,03	2,122	0,945	1,450	1,139	0,157
King Edward	76,50	83,05	79,97	2,030	0,944	1,697	1,212	0,203
Recara	76,76	82,35	79,56	1,686	0,600	1,518	1,211	0,239
Rooster	75,42	81,10	78,89	1,663	0,802	1,647	1,173	0,229
Rosada	70,80	83,11	77,15	3,715	0,900	1,500	1,268	0,182
Up-to-date	74,90	84,32	78,37	2,872	0,800	1,450	1,169	0,225

Min. Valor mínimo.

Max. Valor máximo.

Desv. estándar. Desviación estándar.

Comparando los porcentajes de humedad entre los dos grupos de papas estudiados (variedades de importación vs variedades antiguas), se observa que

los contenidos de humedad en la masa de los tubérculos de importación son superiores comparados con los de las papas antiguas. Con respecto a las papas antiguas, en la variedad Negra se reflejan los mayores porcentajes de humedad ($77,68 \pm 1,880$ %) mientras que la variedad Venezolana presentó los niveles más bajos ($75,26 \pm 2,103$ %). Así, dentro del grupo de papas de importación, la variedad Cara refleja los porcentajes de humedad más elevados ($80,03 \pm 2,122$ %) mientras que los contenidos medios más bajos se presentan en la variedad Rosada ($77,15 \pm 3,715$ %), tal y como puede observarse en la Tabla 109.

En líneas generales, los porcentajes de cenizas en la masa de las papas antiguas son superiores comparados a los de los tubérculos de importación. En las papas antiguas, los mayores contenidos en cenizas se presentan en la variedad Bonita ($1,300 \pm 0,228$ %) mientras que en la papa Colorada se reflejan los porcentajes más bajos ($1,249 \pm 0,163$ %). Respecto a las papas de importación, en la variedad Rosada se reflejan los mayores porcentajes de cenizas ($1,268 \pm 0,182$ %) mientras que los contenidos más bajos se presentan en la papa Cara ($1,139 \pm 0,157$ %). Cabe destacar que los porcentajes de cenizas obtenidos en las variedades King Edward y Recara fueron similares ($1,212$ y $1,211$ %, respectivamente) (Tabla 109).

4.5.2. SEGÚN VARIEDADES DE BATATAS

La Tabla 110 refleja los niveles medios y las desviaciones estándar, en porcentaje, de humedad y cenizas en la masa de las diferentes variedades de batatas analizadas.

Tabla 110. Porcentaje de humedad y de cenizas en la masa de batatas según variedades (%)			
	Variedad		
	Blanca	Roja	Yema de Huevo
Humedad	$74,20 \pm 4,374$	$69,46 \pm 3,366$	$76,46 \pm 6,582$
Cenizas	$1,240 \pm 0,226$	$1,350 \pm 0,161$	$1,276 \pm 0,224$

El porcentaje de humedad en las distintas variedades de batatas estudiadas estuvo comprendido entre $69,46 \pm 3,366$ % y $76,46 \pm 6,582$ %, con un

porcentaje medio de humedad de $73,42 \pm 5,250$ %. Respecto a las cenizas, la variedad de batata Blanca presentó un porcentaje de $1,240 \pm 0,226$ % mientras que los porcentajes más altos de cenizas se alcanzaron en la variedad Roja $1,350 \pm 0,161$ % con un porcentaje medio de $1,276 \pm 0,211$ % (Tabla 110).

4.5.3. SEGÚN ZONAS DE PRODUCCIÓN

Los porcentajes y las desviaciones estándar de humedad y cenizas en la masa de las muestras de papas, batatas y ñames correspondientes a las distintas zonas de estudio se muestran en la Tabla 111:

Tabla 111. Porcentaje \pm desviación estándar de humedad y cenizas presente en las masa de los tubérculos analizados según la zona de producción (%)

Tubérculo	Zona	Humedad	Cenizas
Papas	Norte	$77,45 \pm 2,885$	$1,240 \pm 0,202$
	Sur	$79,82 \pm 1,881$	$1,189 \pm 0,150$
Batatas	Norte	$73,83 \pm 5,199$	$1,237 \pm 0,215$
	Sur	$72,62 \pm 5,420$	$1,353 \pm 0,188$
Ñames	Anaga	$92,02 \pm 3,843$	$0,933 \pm 0,346$
	La Guancha	$81,73 \pm 1,084$	$2,072 \pm 0,182$
	La Orotava	$74,34 \pm 2,245$	$1,757 \pm 0,072$
	Los Realejos	$74,61 \pm 7,627$	$1,511 \pm 0,466$
	Tacoronte	$78,53 \pm 4,313$	$1,035 \pm 0,165$

En las papas, el porcentaje en humedad en la masa de las mismas fue superior en la zona Sur ($79,82 \pm 1,881$ %) en comparación al de la zona Norte ($77,45 \pm 2,885$ %). Respecto a las cenizas, las papas cultivadas en la zona Norte presentaron niveles más elevados ($1,240 \pm 0,202$ %) comparados con los contenidos medios en la zona Sur ($1,189 \pm 0,150$ %) (Tabla 111).

Respecto a las batatas, los porcentajes de humedad en sus masas fueron superiores en la zona Norte ($73,83 \pm 5,199$ %) en comparación a los de la zona Sur ($72,62 \pm 5,420$ %). Asimismo, las batatas procedentes del Sur de la isla presentaron mayores niveles de cenizas ($1,353 \pm 0,188$ %) comparados con los contenidos medios de la zona Norte ($1,237 \pm 0,215$ %) (Tabla 111).

En los ñames, el porcentaje de humedad osciló entre $74,34 \pm 2,245$ % para los ñames de Los Realejos y $92,02 \pm 3,843$ % para los ñames de Anaga. El porcentaje medio de humedad fue $78,89 \pm 8,355$ %. Respecto a las cenizas, los ñames de La Orotava presentaron mayores niveles ($1,757 \pm 0,072$ %) mientras que los ñames de Anaga presentaron los contenidos medios más bajos ($0,933 \pm 0,346$ %). El porcentaje medio en cenizas fue $1,419 \pm 1,407$ % (Tabla 111).

4.6.COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y CENIZAS CON LOS DE OTROS AUTORES

4.6.1. PAPAS

En la Tabla 112 se muestra una comparación de los porcentajes de humedad y cenizas en las papas analizadas con los resultados obtenidos por otros autores.

Tabla 112. Comparación del contenido de humedad y cenizas en papas según diferentes estudios (%).

Origen	Humedad	Cenizas	Referencia
Canadá	84	-	Czuba y Hutchinson, 1980
Turquia	75,4-77,6	-	Dürüst y cols., 1997
Jordania	76,1-82,4	3,31-5,57	Ereifej y cols., 1997
Suecia	79,3	0,95	Torelm y Danielsson, 1998
España	76,2-81,9	1,03-1,18	Casañas y cols., 2003b
Polonia	-	4,24-4,40	Zdunczyk y cols., 2005
Pakistan	77	0,90	Rumeza y cols., 2006
Italia	75,23-81,83	-	Finotti y cols., 2006
España	80,7	-	Ortega y cols., 2006
Finlandia	79,3	-	Ekholm y cols., 2007
Italia	79,1-80,4	-	Buono y cols., 2008
Argentina	70,22-82,94	0,84-1,73	Jiménez y cols., 2008
Irlanda	78,2-79,9	-	Gilsenan y cols., 2010
España	75,17-80,03	1,139-1,300	Este estudio, 2012

En líneas generales, al comparar los resultados obtenidos en este estudio se puede observar que nuestros porcentajes de humedad fueron similares a los obtenidos por Casañas y cols. (2003b) y Finnotti y cols. (2006), respectivamente. Comparando los niveles de agua presente en las papas se observó que los obtenidos por Czuba y Hutchinson (1980) fueron superiores al

del resto de los autores consultados (Tabla 112). Numerosas investigaciones se han centrado en estudiar cómo afecta el contenido de agua en la calidad del tubérculo y en ellas se pone de manifiesto que un alto contenido en humedad puede conducir a una disminución de la transpiración de los tubérculos y, en consecuencia, un deterioro en la calidad de los mismos (Burton y cols., 1992; Moorthy, 2002; Casañas y cols., 2003b).

Las papas analizadas en este estudio presentaron un porcentaje en cenizas inferior a los obtenidos por Ereifej y cols. (1997) y Zdunczyk y cols. (2005), similar al de Casañas y cols. (2003b) y, superior al del resto de las fuentes consultadas (Tabla 112). Esta variación del contenido de cenizas puede verse modificada debido al tiempo de almacenamiento de los tubérculos (Burton y cols., 1992; Hägg y cols., 1998; Casañas y cols., 2003b).

4.6.2. BATATAS

La Tabla 113 presenta una comparación de los porcentajes de humedad y cenizas en las batatas con los de otros autores.

Tabla 113. Comparación de los porcentajes de humedad y cenizas obtenidos por otros autores con nuestros resultados (%).			
Origen	Humedad	Cenizas	Referencia
Sri Lanka	65,9	2,85	Ravindran y cols., 1995
Japón	69,9-70,9	1,08-1,43	Ishida y cols., 2000
Tanzania	69	3	Schoeninger y cols., 2001
Caribe	62,9-83,8	1,90-4,40	Aina y cols., 2009
Vanuatu	90,39	3,5	Lebot y cols., 2009
España	58,26-75,54	0,73-1,85	Montes y cols., 2010
España	73,42	1,276	Este estudio, 2012

Comparando con otros autores, el contenido de humedad obtenido en este estudio se encuentra dentro del intervalo de porcentajes propuesto por Aina y cols. (2009) y Montes y cols. (2010), inferior al de Lebot y cols. (2009) y superior al de Ravindran y cols. (1995), Ishida y cols. (2000) y Schoeninger y cols. (2001).

El contenido de cenizas en nuestras batatas entra dentro del rango de porcentaje de Ishida y cols. (2000) y Montes y cols. (2010) y son inferiores a los recogidos por el resto de los autores consultados, tal y como se observa en la Tabla 113.

4.6.3. ÑAMES

Diversos estudios publicados según distintos autores reflejan el contenido en humedad y cenizas en la masa de los tubérculos de ñames (Tabla 114).

Tabla 114. Comparación del contenido de humedad y cenizas en ñames según diferentes estudios (%).

Origen	Humedad	Cenizas	Referencia
Australia	75	0,87	Bradbury y Holloway, 1988
Camerún	63,9-77	-	Agbor-Egbe y Teche, 1995
Nigeria	63,6	5,5	Agwunobi, 1999
Nigeria	59,1-65,8	-	Adeyeye y cols., 2000
Tanzania	67-76	5	Schoeninger y cols., 2001
Nepal	69,5-80,2	0,5-1,2	Bhandari y cols., 2003
Jamaica	74,3-95,5	-	Mcanuff y cols., 2005
Vanuatu	76,66	-	Lebot y cols., 2006
Colombia	67-70,2	7,38-10,45	Leterme y cols., 2006
Colombia	66,22-74,99	0,99-1,19	Alvis y cols., 2008
Nigeria	82,6	6,71	Borah y cols., 2008
Nigeria	52,6-75,7	2,25-3,15	Udensi y cols., 2008
Nigeria	66,2-77,7	2,95-4,1	Baah y cols., 2009
Vanuatu	-	4,36	Lebot y cols., 2009
Sudáfrica	66,62	-	Lewu y cols., 2010
España	78,89	1,419	Este estudio, 2012

Comparando con otros autores, el contenido de humedad determinado en este estudio se encuentra dentro del intervalo de porcentajes propuesto por Bhandari y cols. (2003) y Mcanuff y cols. (2005), inferior al de Borah y cols. (2008) y superior al resto de las referencias consultadas. Los estudios de investigación realizados por Baah y cols. (2009) argumentan que el contenido de agua presente en estos tubérculos influyen en la calidad y conservación de los mismos.

A excepción de Bradbury y Holloway (1988), Bhandari y cols. (2003) y Alvis y cols. (2008), que presentaron en su estudio niveles de cenizas superiores a los de este estudio, los porcentajes son inferiores a los de los demás autores

consultados. Asimismo, los resultados obtenidos en este estudio se encuentran dentro del rango obtenido por Mcanuff y cols. (2005). Cabe destacar que los niveles de cenizas en los ñames obtenidos por Agwunobi (1999) y Schoeninger y cols. (2001) fueron similares (Tabla 114). Según Baah y cols. (2009) el contenido de cenizas presente en estos tubérculos es dependiente de su humedad, madurez y tipo de suelo donde son cultivados los mismos.

4.7.INGESTAS DIETÉTICAS DE METALES POR EL CONSUMO DE PAPAS

En las papas, para evaluar la ingesta dietética de metales, se ha tomado como dato de referencia de consumo de dicho tubérculo el aportado por última Encuesta Nutricional de Canarias (ENCA) realizada durante los años 1997-1998 (ENCA, 2000). A partir de los datos de concentración metálica obtenidos en este estudio es posible establecer una estimación de la ingesta dietética.

Para estimar la contribución a la ingesta de metales esenciales se emplearon los valores de referencias de Ingestas Dietéticas Recomendadas (IDRs) establecidos por la Federación Española y Sociedad de Nutrición (FESNAD, 2010). En la Tabla 115 se reflejan las ingestas dietéticas recomendadas propuestas para la población española en función del sexo y la edad del individuo.

En el caso de los metales níquel, cadmio y plomo, la contribución a la ingesta para los distintos tubérculos estudiados se determinó utilizándose los datos de IDA (Ingesta Diaria Admisible) e ISTP (Ingesta Semanal Tolerable Provisional) establecidos por la FAO. Para ello, se tuvo en cuenta el peso corporal medio del individuo según el Instituto Canario de Estadística (ISTAC, 2009) (Tabla 116).

Tabla 115. Valores de referencia de IDRs para la población española (mg/día).

Mujeres									
Grupo de edad (años)	Na	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	Cr
6-10	1200	2000	800	170	0,7	9,0	1,5	6,5	0,015
11-17	1500	3100	1000	300	1,0	15	1,6	8,0	0,025
18-24	1500	3100	900	300	1,1	18	1,8	7,0	0,025
25-34	1500	3100	900	300	1,1	18	1,8	7,0	0,025
35-44	1500	3100	900	300	1,1	18	1,8	7,0	0,025
45-54	1300	3100	1000	300	1,1	15	1,8	7,0	0,020
55-64	1300	3100	1000	320	1,1	10	1,8	7,0	0,020
65-75	1200	3100	1000	320	1,1	10	1,8	7,0	0,020
Hombres									
Grupo de edad (años)	Na	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	Cr
6-10	1200	2000	800	170	0,7	9,0	1,5	6,5	0,015
11-17	1500	3100	1000	350	1,0	11	1,9	8,0	0,035
18-24	1500	3100	900	350	1,1	9,0	2,2	11	0,035
25-34	1500	3100	900	350	1,1	9,0	2,3	9,5	0,035
35-44	1500	3100	900	350	1,1	9,0	2,3	9,5	0,035
45-54	1300	3100	900	350	1,1	9,0	2,3	9,5	0,030
55-64	1300	3100	1000	350	1,1	10	2,3	9,5	0,030
65-75	1200	3100	1000	350	1,1	10	2,3	10	0,030

Tabla 116. Valores de referencia de IDA e ISTP para el Ni, Cd y Pb en función del peso corporal del individuo.

Grupo de edad (años)	Peso medio (Kg) ISTAC, 2009		IDA Ni (mg/día)		ISTP Cd (mg/día)		ISTP Pb (mg/día)	
	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre
6-10	31,70	32,20	0,158	0,161	0,026	0,027	0,113	0,115
11-17	31,70	32,20	0,158	0,161	0,026	0,027	0,113	0,115
18-24	63,73	74,13	0,319	0,371	0,053	0,061	0,228	0,265
25-34	65,06	77,94	0,325	0,390	0,054	0,065	0,232	0,278
35-44	66,38	81,75	0,332	0,409	0,055	0,068	0,237	0,292
45-54	70,44	82,44	0,352	0,422	0,058	0,068	0,252	0,294
55-64	70,44	82,44	0,352	0,422	0,058	0,068	0,252	0,294
65-75	71,23	80,02	0,356	0,400	0,059	0,066	0,254	0,286

A continuación se presentan las ingestas metálicas y sus respectivas contribuciones a las IDRs e ISTPs a través del consumo de papas antiguas, de importación y totales, respectivamente.

Sodio**Tabla 117.** Ingesta dietética de Na en papas por grupos de edad y sexo en Tenerife

Grupos de edad (años)	Consumo (ENCA 2000) (g/día)	Antiguas			Importación			Totales		
		[Na] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)	[Na] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)	[Na] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres										
6-10	120,7	129,8	15,67	1,306	142,1	17,15	1,429	136,6	16,49	1,374
11-17	126,1		16,37	1,091		17,92	1,195		17,23	1,149
18-24	127,0		16,48	1,099		18,05	1,203		17,35	1,157
25-34	128,4		16,67	1,111		18,25	1,216		17,54	1,169
35-44	117,5		15,25	1,017		16,70	1,113		16,05	1,070
45-54	107,3		13,93	1,071		15,25	1,173		14,66	1,128
55-64	120,3		15,61	1,201		17,09	1,315		16,43	1,264
65-75	142,3		18,47	1,539		20,22	1,685		19,44	1,620
Hombres										
6-10	147,1	129,8	19,09	1,591	142,1	20,90	1,742	136,6	20,09	1,674
11-17	178,3		23,14	1,543		25,34	1,689		24,36	1,624
18-24	158,1		20,52	1,368		22,47	1,498		21,60	1,440
25-34	158,7		20,60	1,373		22,55	1,503		21,68	1,445
35-44	172,6		22,40	1,494		24,53	1,635		23,58	1,572
45-54	161,8		21,00	1,616		22,99	1,769		22,10	1,700
55-64	166,2		21,57	1,659		23,62	1,817		22,70	1,746
65-75	180,4		23,42	1,951		25,63	2,136		24,64	2,053

En la Tabla 117 se presentan las ingestas de sodio y su contribución a las IDRs por el consumo de papas según los grupos de edad y sexo en la población tinerfeña. En líneas generales, la ingesta de sodio debido al consumo de papas es superior en los hombres con respecto a la de las mujeres. En ambos sexo, las mayores ingestas se presentaron en la población de edades comprendidas entre 65-75 años mientras que las ingestas más bajas se reflejaron en el caso de los hombres en la población de edades comprendidas entre 6 y 10 años con 20,09 mg/día y en las mujeres con edades comprendidas entre 45-54 años con 14,66 mg/día. Las mujeres de edades comprendidas entre 35-44 años presentaron la menor contribución a la ingesta (1,070 %) en comparación a los restantes grupos de edad. La contribución a la ingesta de sodio por el consumo de papas en hombres fueron similares entre los grupos de edades 18-24 años y 24-34 años, respectivamente.

Asimismo, al comparar los resultados obtenidos entre los dos grupos de papas (variedades antiguas vs variedades de importación) se puede observar que las ingestas de sodio y sus respectivas contribuciones a las IDRs son superiores en las variedades de papas de importación comparadas con las de las papas antiguas (Tabla 117).

Potasio**Tabla 118.** Ingesta dietética de K en papas por grupos de edad y sexo en Tenerife

Grupos de edad (años)	Consumo (ENCA 2000) (g/día)	Antiguas			Importación			Totales		
		[K] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)	[K] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)	[K] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres										
6-10	120,7	4395	530,5	26,52	3962	478,2	23,91	4154	501,4	25,07
11-17	126,1		554,2	17,88		499,6	16,12		523,8	16,90
18-24	127,0		558,2	18,01		503,2	16,23		527,6	17,02
25-34	128,4		564,3	18,20		508,7	16,41		533,4	17,21
35-44	117,5		516,4	16,66		465,5	15,02		488,1	15,75
45-54	107,3		471,6	15,21		425,1	13,71		445,7	14,38
55-64	120,3		528,7	17,06		476,6	15,38		499,7	16,12
65-75	142,3		625,4	20,17		563,8	18,19		591,1	19,07
Hombres										
6-10	147,1	4395	646,5	32,33	3962	582,8	29,14	4154	611,1	30,56
11-17	178,3		783,6	25,28		706,4	22,79		740,7	23,89
18-24	158,1		694,8	22,41		626,4	20,21		656,7	21,18
25-34	158,7		697,5	22,50		628,8	20,28		659,2	21,26
35-44	172,6		758,6	24,47		683,8	22,06		717,0	23,13
45-54	161,8		711,1	22,94		641,1	20,68		672,1	21,68
55-64	166,2		730,4	23,56		658,5	21,24		690,4	22,27
65-75	180,4		792,9	25,58		714,7	23,06		749,4	24,17

En la Tabla 118 se presentan las ingestas de potasio y su contribución a las IDRs de la población canaria proveniente de las papas. Tal y como se refleja en la tabla anterior, puede observarse que las ingestas de potasio son superiores en los hombres con respecto a las de las mujeres. En general, en mujeres y hombres son los grupos de edad de 65-75 años los que presentan las mayores ingestas de potasio a través del consumo de papas, concretamente, 591,1 mg/día en mujeres, y 749,4 mg/día en hombres. Las mujeres con grupos de edad de 45-54 años presentaron las menores ingestas de potasio, concretamente 445,7 mg/día. Para ambos sexos, el grupo de edad que mayor contribución a la ingesta presentan son el de 6-10 años, para mujeres con una contribución de 25,07% y para hombres con 30,56%.

Cabe destacar que las papas antiguas consumidas en la isla de Tenerife resultan ser más ricas en potasio que las variedades de importación (Tabla 118).

Calcio**Tabla 119.** Ingesta dietética de Ca en papas por grupos de edad y sexo en Tenerife

Grupos de edad (años)	Consumo (ENCA 2000) (g/día)	Antiguas			Importación			Totales		
		[Ca] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)	[Ca] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)	[Ca] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres										
6-10	120,7	71,55	8,636	1,080	62,27	7,516	0,939	66,38	8,012	1,002
11-17	126,1		9,022	0,902		7,852	0,785		8,371	0,837
18-24	127,0		9,087	1,010		7,908	0,879		8,430	0,937
25-34	128,4		9,187	1,021		7,995	0,888		8,523	0,947
35-44	117,5		8,407	0,934		7,317	0,813		7,800	0,867
45-54	107,3		7,677	0,768		6,682	0,668		7,123	0,712
55-64	120,3		8,607	0,861		7,491	0,749		7,986	0,799
65-75	142,3		10,182	1,018		8,861	0,886		9,446	0,945
Hombres										
6-10	147,1	71,55	10,525	1,316	62,27	9,160	1,145	66,38	9,764	1,221
11-17	178,3		12,757	1,276		11,103	1,110		11,84	1,184
18-24	158,1		11,312	1,257		9,845	1,094		10,49	1,166
25-34	158,7		11,355	1,262		9,882	1,098		10,53	1,170
35-44	172,6		12,350	1,372		10,748	1,194		11,46	1,273
45-54	161,8		11,577	1,286		10,075	1,119		10,74	1,193
55-64	166,2		11,892	1,189		10,349	1,035		11,03	1,103
65-75	180,4		12,908	1,291		11,234	1,123		11,97	1,197

En la Tabla 119 se muestran las ingestas de calcio y sus contribuciones a las IDRs por el consumo de papas según los grupos de edad y sexo en la población de la isla de Tenerife. El grupo de edad que mayor ingesta presenta es el que se encuentra entre 65 y 75 años, tanto para mujeres como para hombres, con una ingesta de 9,446 mg/día en el caso de las mujeres, y 11,97 mg/día en hombres. Cabe destacar que las mujeres, de edades comprendidas entre 45 y 54 años, presentaron la ingesta de calcio más baja (7,123 mg/día). En mujeres, el grupo de edad que mayor contribución a la ingesta presenta es el de 6-10 años (1,002 %), mientras que en los hombres es de edades 35-44 años (1,273 %).

Comparando los resultados obtenidos entre los dos grupos de papas (variedades antiguas vs variedades de importación) se puede observar que las ingestas de calcio y sus respectivas contribuciones a las IDRs en las papas antiguas son superiores con respecto a las de las variedades de importación (Tabla 119).

Magnesio**Tabla 120.** Ingesta dietética de Mg en papas por grupos de edad y sexo en Tenerife

Grupos de edad (años)	Consumo (ENCA 2000) (g/día)	Antiguas			Importación			Totales		
		[Mg] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)	[Mg] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)	[Mg] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres										
6-10	120,7	289,8	34,98	20,58	265,8	32,08	18,87	276,5	33,37	19,63
11-17	126,1		36,54	12,18		33,52	11,17		34,87	11,62
18-24	127,0		36,80	12,27		33,76	11,25		35,12	11,71
25-34	128,4		37,21	12,40		34,13	11,38		35,50	11,83
35-44	117,5		34,05	11,35		31,23	10,41		32,49	10,83
45-54	107,3		31,10	10,37		28,52	9,507		29,67	9,890
55-64	120,3		34,86	10,89		31,98	9,992		33,26	10,39
65-75	142,3		41,24	12,89		37,82	11,82		39,35	12,30
Hombres										
6-10	147,1	289,8	42,63	25,08	265,8	39,10	23,00	276,5	40,67	23,92
11-17	178,3		51,67	14,76		47,39	13,54		49,30	14,09
18-24	158,1		45,82	13,09		42,02	12,01		43,71	12,49
25-34	158,7		45,99	13,14		42,18	12,05		43,88	12,54
35-44	172,6		50,02	14,29		45,88	13,11		47,72	13,63
45-54	161,8		46,89	13,40		43,01	12,29		44,74	12,78
55-64	166,2		48,16	13,76		44,18	12,62		45,95	13,13
65-75	180,4		52,28	14,94		47,95	13,70		49,88	14,25

En la Tabla 120 se presentan las ingestas de magnesio y sus contribuciones a las IDRs por el consumo de papas según los grupos de edad y sexo en la población tinerfeña. Para ambos sexos, el grupo de edad que mayor ingesta de magnesio a través del consumo de papas presenta es el de 65-75 años, concretamente, 39,35 mg/día en mujeres, y 49,88 mg/día en hombres. La contribución a la ingesta más alta se presenta en la población de edades comprendida entre 6-10 años mientras que la más baja se refleja en la población femenina de edades comprendidas entre 45-54 años (9,890 %) y masculina entre 18-24 años (12,49 %). Asimismo, se observa que la contribución a la ingesta de magnesio en ambos sexos fueron similares entre los grupos de edades de 18-24 años y 25-34 años, respectivamente.

Comparando las ingestas de magnesio y sus respectivas contribuciones a las IDRs de las variedades de papas antiguas y de importación se puede observar que las primeras presentan mayores ingestas y contribuciones de este metal (Tabla 120).

Cobre**Tabla 121.** Ingesta dietética de Cu en papas por grupos de edad y sexo en Tenerife

Grupos de edad (años)	Consumo (ENCA 2000) (g/día)	Antiguas			Importación			Totales		
		[Cu] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)	[Cu] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)	[Cu] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres										
6-10	120,7	1,248	0,151	21,52	1,301	0,157	22,43	1,289	0,156	22,29
11-17	126,1		0,157	15,74		0,164	16,41		0,163	16,30
18-24	127,0		0,158	14,41		0,165	15,02		0,164	14,91
25-34	128,4		0,160	14,57		0,167	15,19		0,166	15,09
35-44	117,5		0,147	13,33		0,153	13,90		0,151	13,73
45-54	107,3		0,134	12,17		0,140	12,69		0,138	12,55
55-64	120,3		0,150	13,65		0,157	14,23		0,155	14,09
65-75	142,3		0,178	16,14		0,185	16,83		0,183	16,64
Hombres										
6-10	147,1	1,248	0,184	26,23	1,301	0,191	27,34	1,289	0,190	27,14
11-17	178,3		0,223	22,25		0,232	23,20		0,230	23,00
18-24	158,1		0,197	17,94		0,206	18,70		0,204	18,55
25-34	158,7		0,198	18,01		0,206	18,77		0,205	18,64
35-44	172,6		0,215	19,58		0,225	20,41		0,222	20,18
45-54	161,8		0,202	18,36		0,211	19,14		0,209	19,00
55-64	166,2		0,207	18,86		0,216	19,66		0,214	19,45
65-75	180,4		0,225	20,47		0,235	21,34		0,232	21,09

La Tabla 121 refleja las ingestas de cobre y sus contribuciones a las IDRs por el consumo de papas según los grupos de edad y sexo en la población de la isla de Tenerife. En ambos sexos, las ingestas más altas se presentaron en la población edades comprendidas entre 65-75 años (0,183 mg/día en mujeres y 0,232 mg/día en hombres, respectivamente) mientras que las ingestas más bajas se reflejaron en el caso de los hombres en la población de edades comprendidas entre 6-10 años (0,190 mg/día) y en las mujeres con edades comprendidas entre 45-54 años (0,138 mg/día). El grupo de edad que mayor contribución a la ingesta presentan es de 6-10 años (22,29 % para mujeres y 27,14 % para hombres, respectivamente).

Cabe destacar que las papas de importación aportan mayores ingestas de cobre y contribuciones a las IDRs comparadas con las de importación (Tabla 121).

Hierro**Tabla 122.** Ingesta dietética de Fe en papas por grupos de edad y sexo en Tenerife

Grupos de edad (años)	Consumo (ENCA 2000) (g/día)	Antiguas			Importación			Totales		
		[Fe] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)	[Fe] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)	[Fe] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres										
6-10	120,7	4,874	0,588	6,537	4,512	0,545	6,051	4,672	0,564	6,267
11-17	126,1		0,615	4,097		0,569	3,793		0,589	3,927
18-24	127,0		0,619	3,439		0,573	3,183		0,593	3,294
25-34	128,4		0,626	3,477		0,579	3,219		0,600	3,333
35-44	117,5		0,573	3,182		0,530	2,945		0,549	3,050
45-54	107,3		0,523	3,487		0,484	3,228		0,501	3,340
55-64	120,3		0,586	5,863		0,543	5,428		0,562	5,620
65-75	142,3		0,694	6,936		0,642	6,421		0,665	6,650
Hombres										
6-10	147,1	4,874	0,717	7,966	4,512	0,664	7,375	4,672	0,687	7,633
11-17	178,3		0,869	7,900		0,804	7,314		0,833	7,573
18-24	158,1		0,771	8,562		0,713	7,926		0,739	8,211
25-34	158,7		0,774	8,594		0,716	7,956		0,741	8,233
35-44	172,6		0,841	9,347		0,779	8,653		0,806	8,956
45-54	161,8		0,789	8,762		0,730	8,112		0,756	8,400
55-64	166,2		0,810	8,101		0,750	7,499		0,776	7,760
65-75	180,4		0,879	8,793		0,814	8,140		0,843	8,430

En la Tabla 122 se presentan las ingestas de hierro y sus contribuciones a las IDRs de la población canaria por el consumo de papas. El grupo de edad que mayor ingesta presenta es el que se encuentra entre 65-75 años, tanto para mujeres como para hombres, con una ingesta de 0,665 mg/día en el caso de las mujeres, y 0,843 mg/día en hombres. Las mayores contribuciones a la ingesta de hierro se reflejaron en el caso de las mujeres en el grupo de edad de 65-75 años (6,650 %) y en los hombres de edades comprendidas entre 35-44 años (8,956 %). Además, tal y como puede observarse en la Tabla 122, la contribución a la ingesta en la población femenina fueron similares entre los grupos de edades de 25-34 años y 45-54 años, respectivamente.

Al comparar las ingestas de este metal entre ambos grupos de papas (variedades antiguas vs variedades de importación) se observa que las papas antiguas consumidas en la isla de Tenerife aportan mayores ingestas de hierro que las variedades de importación (Tabla 122).

Manganeso**Tabla 123.** Ingesta dietética de Mn en papas por grupos de edad y sexo en Tenerife

Grupos de edad (años)	Consumo (ENCA 2000) (g/día)	Antiguas			Importación			Totales		
		[Mn] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)	[Mn] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)	[Mn] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres										
6-10	120,7	1,493	0,180	12,01	1,668	0,201	13,42	1,590	0,192	12,80
11-17	126,1		0,188	11,77		0,210	13,15		0,200	12,50
18-24	127,0		0,190	10,53		0,212	11,77		0,202	11,22
25-34	128,4		0,192	10,65		0,214	11,90		0,204	11,33
35-44	117,5		0,175	9,75		0,196	10,89		0,187	10,39
45-54	107,3		0,160	8,90		0,179	9,94		0,171	9,500
55-64	120,3		0,180	9,98		0,201	11,15		0,191	10,61
65-75	142,3		0,212	11,80		0,237	13,19		0,226	12,56
Hombres										
6-10	147,1	1,493	0,220	14,64	1,668	0,245	16,36	1,590	0,234	15,60
11-17	178,3		0,266	14,01		0,297	15,65		0,283	14,89
18-24	158,1		0,236	10,73		0,264	11,99		0,251	11,41
25-34	158,7		0,237	10,30		0,265	11,51		0,252	10,96
35-44	172,6		0,258	11,20		0,288	12,52		0,274	11,91
45-54	161,8		0,242	10,50		0,270	11,73		0,257	11,17
55-64	166,2		0,248	10,79		0,277	12,05		0,264	11,48
65-75	180,4		0,269	11,71		0,301	13,08		0,287	12,48

En la Tabla 123 se presentan las ingestas de manganeso y sus contribuciones a las IDRs por el consumo de papas según los grupos de edad y sexo en la población tinerfeña. En ambos sexo, las ingestas más altas se presentaron en la población edades comprendidas entre 65-75 años (0,226 mg/día en mujeres y 0,287 mg/día en hombres, respectivamente). Cabe destacar como en el caso de las mujeres, el grupo de edad de 6-10 años con 0,192 mg/día, presenta una ingesta que es prácticamente la misma que la del grupo de 55-64 años. El grupo de edad de 6-10 años es el que presenta las mayores contribuciones a la ingesta de manganeso a través del consumo de papas, concretamente, 12,80 % en mujeres y 15,60 % en hombres.

Al comparar las ingestas de manganeso y sus respectivas contribuciones a las IDRs de las papas antiguas y de importación se puede observar que las ingestas de este metal son superiores en las variedades de importación comparadas a las de las papas antiguas (Tabla 123).

Zinc**Tabla 124.** Ingesta dietética de Zn en papas por grupos de edad y sexo en Tenerife

Grupos de edad (años)	Consumo (ENCA 2000) (g/día)	Antiguas			Importación			Totales		
		[Zn] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)	[Zn] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)	[Zn] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres										
6-10	120,7	3,657	0,441	6,791	3,189	0,385	5,922	3,400	0,410	6,308
11-17	126,1		0,461	5,764		0,402	5,027		0,429	5,363
18-24	127,0		0,464	6,635		0,405	5,786		0,432	6,171
25-34	128,4		0,470	6,708		0,409	5,850		0,437	6,243
35-44	117,5		0,430	6,139		0,375	5,353		0,400	5,714
45-54	107,3		0,392	5,606		0,342	4,888		0,365	5,214
55-64	120,3		0,440	6,285		0,384	5,481		0,409	5,843
65-75	142,3		0,520	7,434		0,454	6,483		0,484	6,914
Hombres										
6-10	147,1	3,657	0,538	8,276	3,189	0,469	7,217	3,400	0,500	7,692
11-17	178,3		0,652	8,151		0,569	7,107		0,606	7,575
18-24	158,1		0,578	5,256		0,504	4,583		0,538	4,891
25-34	158,7		0,580	6,109		0,506	5,327		0,540	5,684
35-44	172,6		0,631	6,644		0,550	5,794		0,587	6,179
45-54	161,8		0,592	6,228		0,516	5,431		0,550	5,789
55-64	166,2		0,608	6,398		0,530	5,579		0,565	5,947
65-75	180,4		0,660	6,597		0,575	5,753		0,613	6,130

La Tabla 124 refleja las ingestas de zinc y sus contribuciones a las IDRs por el consumo de papas según los grupos de edad y sexo en la población de la isla de Tenerife. El grupo de edad que mayor ingesta presenta es el que se encuentra entre 65-75 años, tanto para mujeres como para hombres, con una ingesta de 0,484 mg/día en el caso de las mujeres, y 0,613 mg/día en hombres. Asimismo, tal y como puede observarse en la tabla anterior, la ingesta de zinc en ambos grupos de población fueron similares entre los grupos de edades 18-24 años y 25-34 años, respectivamente. Las mayores contribuciones a la ingesta de zinc se reflejan en el caso de las mujeres en el grupo de edad de 65-75 años (6,914 %) y en los hombres de edades comprendidas entre 6-10 años (7,692 %).

Cabe destacar que las papas antiguas consumidas por la población isleña resultan ser más ricas en zinc que las variedades de importación (Tabla 124).

Cromo**Tabla 125.** Ingesta dietética de Cr en papas por grupos de edad y sexo en Tenerife

Grupos de edad (años)	Consumo (ENCA 2000) (g/día)	Antiguas			Importación			Totales		
		[Cr] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)	[Cr] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)	[Cr] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres										
6-10	120,7	0,017	0,0021	13,679	0,018	0,0022	14,48	0,018	0,0022	14,67
11-17	126,1		0,0021	8,575		0,0023	9,079		0,0023	9,200
18-24	127,0		0,0022	8,636		0,0023	9,144		0,0023	9,200
25-34	128,4		0,0022	8,731		0,0023	9,245		0,0023	9,200
35-44	117,5		0,0020	7,990		0,0021	8,460		0,0021	8,400
45-54	107,3		0,0018	9,121		0,0019	9,657		0,0019	9,500
55-64	120,3		0,0020	10,226		0,0022	10,83		0,0022	11,00
65-75	142,3		0,0024	12,096		0,0026	12,81		0,0026	13,00
Hombres										
6-10	147,1	0,017	0,0025	16,671	0,018	0,0026	17,65	0,018	0,0026	17,33
11-17	178,3		0,0030	8,660		0,0032	9,170		0,0032	9,143
18-24	158,1		0,0027	7,679		0,0028	8,131		0,0028	8,000
25-34	158,7		0,0027	7,708		0,0029	8,162		0,0029	8,286
35-44	172,6		0,0029	8,383		0,0031	8,877		0,0031	8,857
45-54	161,8		0,0028	9,169		0,0029	9,708		0,0029	9,667
55-64	166,2		0,0028	9,418		0,0030	9,972		0,0030	10,00
65-75	180,4		0,0031	10,223		0,0032	10,82		0,0032	10,67

En la Tabla 125 se reflejan las ingestas de cromo y sus contribuciones a las IDRs por el consumo de papas según los grupos de edad y sexo en la población de la isla de Tenerife. El grupo de edad que mayor ingesta presenta es el que se encuentra entre 65-75 años, tanto para mujeres como para hombres, con una ingesta de 0,0026 mg/día en el caso de las mujeres, y 0,0032 mg/día en hombres. En hombres, el grupo de edad 11-17 años presentó una ingesta de cromo (0,0032 mg/día) similar a la de edades comprendidas entre 65-75 años. En ambos sexo, las contribuciones a la ingesta más altas se reflejaron en el grupo de edad de 6-10 años, concretamente, 14,67 % en mujeres y 17,33 % en hombres. Cabe destacar que la contribución a la ingesta en la población femenina fueron idénticas entre los grupos de edades de 11-17 años, 18-24 años y 25-34 años, respectivamente.

Comparando las ingestas de cromo en las papas consumidas en la isla de Tenerife, se observa que las variedades de importación ha sido el grupo de papas que más cromo aporta a la dieta (Tabla 125).

Níquel**Tabla 126.** Ingesta dietética de Ni en papas por grupos de edad y sexo en Tenerife

Grupos de edad (años)	Consumo (ENCA 2000) (g/día)	Antiguas			Importación			Totales		
		[Ni] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)	[Ni] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)	[Ni] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres										
6-10	120,7	0,059	0,0071	4,493	0,051	0,0062	3,884	0,054	0,0065	4,101
11-17	126,1		0,0074	4,694		0,0064	4,057		0,0068	4,290
18-24	127,0		0,0075	2,351		0,0065	2,032		0,0069	2,165
25-34	128,4		0,0076	2,329		0,0065	2,013		0,0069	2,121
35-44	117,5		0,0069	2,089		0,0060	1,806		0,0063	1,898
45-54	107,3		0,0063	1,797		0,0055	1,554		0,0058	1,647
55-64	120,3		0,0071	2,015		0,0061	1,742		0,0065	1,846
65-75	142,3		0,0084	2,357		0,0073	2,037		0,0077	2,162
Hombres										
6-10	147,1	0,059	0,0087	5,391	0,051	0,0075	4,660	0,054	0,0079	4,907
11-17	178,3		0,0105	6,534		0,0091	5,648		0,0096	5,963
18-24	158,1		0,0093	2,514		0,0081	2,173		0,0085	2,291
25-34	158,7		0,0094	2,403		0,0081	2,077		0,0086	2,207
35-44	172,6		0,0102	2,490		0,0088	2,152		0,0093	2,274
45-54	161,8		0,0095	2,262		0,0083	1,955		0,0087	2,062
55-64	166,2		0,0098	2,324		0,0085	2,009		0,0090	2,133
65-75	180,4		0,0106	2,660		0,0092	2,300		0,0097	2,424

En la Tabla 126 se presentan las ingestas de níquel y su contribución a la ingesta diaria admisible (IDA) de la población canaria por el consumo de papas. En general, en mujeres y hombres son los grupos de edad de 65-75 años los que presentan las mayores ingestas de níquel a través del consumo de tubérculos, concretamente, 0,0077 mg/día en mujeres y 0,0097 mg/día en hombres. Los grupos de edad que mayor contribución a la ingesta presentan son 11-17 años, tanto para las mujeres como para los hombres, con una contribución a la ingesta de 4,290 % en el caso de las mujeres, y 5,963 % en hombres. Cabe destacar como en el caso de las mujeres, el grupo de edad de 18-24 años con 2,165 %, presenta una contribución que es prácticamente la misma que la del grupo de 65-75 años (2,162 %).

El aporte de níquel a la dieta por el consumo de papas antiguas es superior al de las variedades de importación (Tabla 126).

Cadmio**Tabla 127.** Ingesta dietética de Cd en papas por grupos de edad y sexo en Tenerife

Grupos de edad (años)	Consumo (ENCA 2000) (g/día)	Antiguas			Importación			Totales		
		[Cd] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)	[Cd] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)	[Cd] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres										
6-10	120,7	0,011	0,0013	5,048	0,009	0,0011	4,130	0,010	0,0012	4,563
11-17	126,1		0,0014	5,274		0,0011	4,315		0,0013	4,943
18-24	127,0		0,0014	2,646		0,0011	2,165		0,0013	2,462
25-34	128,4		0,0014	2,616		0,0012	2,140		0,0013	2,407
35-44	117,5		0,0013	2,350		0,0011	1,923		0,0012	2,182
45-54	107,3		0,0012	2,021		0,0010	1,654		0,0011	1,884
55-64	120,3		0,0013	2,266		0,0011	1,854		0,0012	2,055
65-75	142,3		0,0016	2,653		0,0013	2,171		0,0014	2,373
Hombres										
6-10	147,1	0,011	0,0016	6,060	0,009	0,0013	4,958	0,010	0,0015	5,618
11-17	178,3		0,0020	7,346		0,0016	6,010		0,0018	6,742
18-24	158,1		0,0017	2,832		0,0014	2,317		0,0016	2,606
25-34	158,7		0,0017	2,686		0,0014	2,197		0,0016	2,462
35-44	172,6		0,0019	2,804		0,0016	2,295		0,0017	2,511
45-54	161,8		0,0018	2,606		0,0015	2,132		0,0016	2,343
55-64	166,2		0,0018	2,677		0,0015	2,190		0,0017	2,489
65-75	180,4		0,0020	2,993		0,0016	2,449		0,0018	2,715

La Tabla 127 refleja las ingestas de cadmio y su contribución a la ingesta semanal tolerable provisional (ISTP) por el consumo de papas según los grupos de edad y sexo en la población de la isla de Tenerife. El grupo de edad que mayor ingesta presenta es el que se encuentra entre 65-75 años, tanto para mujeres como para hombres, con una ingesta de 0,0014 mg/día en el caso de las mujeres, y 0,0018 mg/día en hombres. En hombres, el grupo de edad 11-17 años presentó una ingesta de cadmio (0,0018 mg/día) igual a la de edades comprendidas entre 65-75 años. En ambos sexos, las mayores contribuciones a la ingesta se reflejan en el grupo de edad de 11-17 años, concretamente, 4,943 % en mujeres y 6,742 % en hombres.

Tal y como puede observarse en la Tabla 127, al comparar las ingestas de cadmio y sus respectivas contribuciones a las ISTPs, se observa que el aporte de cadmio es superior en las papas antiguas en comparación con el de las variedades de importación.

Plomo**Tabla 128.** Ingesta dietética de Pb en papas por grupos de edad y sexo en Tenerife

Grupos de edad (años)	Consumo (ENCA 2000) (g/día)	Antiguas			Importación			Totales		
		[Pb] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)	[Pb] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)	[Pb] (mg/Kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres										
6-10	120,7	0,012	0,0014	1,282	0,015	0,0018	1,602	0,014	0,0017	1,504
11-17	126,1		0,0015	1,339		0,0019	1,674		0,0018	1,593
18-24	127,0		0,0015	0,668		0,0019	0,836		0,0018	0,789
25-34	128,4		0,0015	0,663		0,0019	0,829		0,0018	0,776
35-44	117,5		0,0014	0,595		0,0018	0,744		0,0016	0,675
45-54	107,3		0,0013	0,511		0,0016	0,639		0,0015	0,595
55-64	120,3		0,0014	0,573		0,0018	0,716		0,0017	0,675
65-75	142,3		0,0017	0,672		0,0021	0,840		0,0020	0,787
Hombres										
6-10	147,1	0,012	0,0018	1,535	0,015	0,0022	1,919	0,014	0,0021	1,826
11-17	178,3		0,0021	1,861		0,0027	2,326		0,0025	2,174
18-24	158,1		0,0019	0,716		0,0024	0,895		0,0022	0,830
25-34	158,7		0,0019	0,685		0,0024	0,856		0,0022	0,791
35-44	172,6		0,0021	0,709		0,0026	0,887		0,0024	0,822
45-54	161,8		0,0019	0,660		0,0024	0,826		0,0023	0,782
55-64	166,2		0,0020	0,678		0,0025	0,848		0,0023	0,782
65-75	180,4		0,0022	0,757		0,0027	0,946		0,0025	0,874

En la Tabla 128 se presentan las ingestas de plomo y su contribución a la ISTP por el consumo de papas según los grupos de edad y sexo en la población tinerfeña. El grupo de edad que mayor ingesta presenta es el que se encuentra entre 65-75 años, tanto para mujeres como para hombres, con una ingesta de 0,0020 mg/día en el caso de las mujeres, y 0,0025 mg/día en hombres. En hombres, el grupo de edad 11-17 años presentó una ingesta de plomo (0,0025 mg/día) igual a la de edades comprendidas entre 65-75 años. En ambos sexos, las contribuciones a la ingesta más altas se reflejan en el grupo de edad de 11-17 años, concretamente, 1,593 % en mujeres y 2,174 % en hombres. Asimismo, en el caso de las mujeres, el grupo de edad de 18-24 años con 0,789 %, presenta una contribución que es prácticamente la misma que la del grupo de 65-75 años (0,787 %).

Cabe destacar que las variedades de importación han sido el grupo de papas que más plomo aporta a la dieta (Tabla 128).

4.8.INGESTAS DIETÉTICAS DE METALES POR EL CONSUMO DE BATATAS.

En las batatas, para evaluar la ingesta dietética de metales, la Encuesta Nutricional de Canarias (ENCA) correspondiente al año 1997-1998 no aporta datos de referencia de consumo de este tubérculo. Por ello, para establecer una estimación de la ingesta dietética de metales por el consumo de batatas se empleó como dato de referencia de consumo diario de batatas estimado en la encuesta nutricional publicada por la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) correspondiente al año 2006 (AESAN, 2006). Esta Agencia considera dos tipos de consumo para el grupo de población de edades comprendidas entre 17 y 60 años. Así, para un consumidor moderado se establece 0,04 g/persona/día mientras que en el caso de un gran consumidor se fija 15 g/persona/día. En Canarias, por razones de tradición, existe un alto consumo de batatas con respecto a otras comunidades de España. Por tanto, se establece un consumo de batatas de 15 g/persona/día para la población canaria. A continuación se presentan las ingestas metálicas por el consumo de batatas y

sus respectivas contribuciones a las IDRs e IDA/ISTPs para un consumidor adulto.

Sodio

En la Tabla 129 se presentan las ingestas de sodio y sus contribuciones a las IDRs por el consumo de batatas según los grupos de edad y sexo.

Tabla 129. Ingesta dietética de Na en batatas por grupos de edad y sexo.

Grupos de edad (años)	Consumo (AESAN 2006) (g/día)	[Na] (mg/kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres				
6-10	0,00	499,9	0,000	0,000
11-17	0,00		0,000	0,000
18-24	15,0		7,498	0,500
25-34	15,0		7,498	0,500
35-44	15,0		7,498	0,500
45-54	15,0		7,498	0,577
55-64	15,0		7,498	0,577
65-75	15,0		7,498	0,625
Hombres				
6-10	0,00	499,9	0,000	0,000
11-17	0,00		0,000	0,000
18-24	15,0		7,498	0,500
25-34	15,0		7,498	0,500
35-44	15,0		7,498	0,500
45-54	15,0		7,498	0,577
55-64	15,0		7,498	0,577
65-75	15,0		7,498	0,625

Cabe destacar que la ingesta de sodio es de 7,498 mg/día en todos los grupos de edad para las mujeres y los hombres, respectivamente. Las mayores contribuciones a las IDRs por el consumo de batatas se presentaron en el grupo de edad de 65-75 años (0,625 % tanto para las mujeres como para los hombres). Además, se puede observar que la contribución a la ingesta en las mujeres es igual a la de los hombres (Tabla 129).

Potasio

En la Tabla 130 se presentan las ingestas de potasio y sus contribuciones a las IDRs por el consumo de batatas según los grupos de edad y sexo.

Tabla 130. Ingesta dietética de K en batatas por grupos de edad y sexo.

Grupos de edad (años)	Consumo (AESAN 2006) (g/día)	[K] (mg/kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres				
6-10	0,00	4409	0,000	0,000
11-17	0,00		0,000	0,000
18-24	15,0		66,13	2,133
25-34	15,0		66,13	2,133
35-44	15,0		66,13	2,133
45-54	15,0		66,13	2,133
55-64	15,0		66,13	2,133
65-75	15,0		66,13	2,133
Hombres				
6-10	0,00	4409	0,000	0,000
11-17	0,00		0,000	0,000
18-24	15,0		66,13	2,133
25-34	15,0		66,13	2,133
35-44	15,0		66,13	2,133
45-54	15,0		66,13	2,133
55-64	15,0		66,13	2,133
65-75	15,0		66,13	2,133

En ambos sexo, la ingesta de potasio más alta fue 66,13 mg/día. Cabe destacar que todos los grupos de edad presentan la misma contribución a la ingesta, 2,133 % para mujeres y hombres, respectivamente. Asimismo, la contribución a la ingesta en las mujeres es igual a la de los hombres (Tabla 130).

Calcio

En la Tabla 131 se presentan las ingestas de calcio y sus contribuciones a las IDRs por el consumo de batatas según los grupos de edad y sexo.

Tabla 131. Ingesta dietética de Ca en batatas por grupos de edad y sexo.

Grupos de edad (años)	Consumo (AESAN 2006) (g/día)	[Ca] (mg/kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres				
6-10	0,00	563,8	0,000	0,000
11-17	0,00		0,000	0,000
18-24	15,0		8,457	0,940
25-34	15,0		8,457	0,940
35-44	15,0		8,457	0,940
45-54	15,0		8,457	0,846
55-64	15,0		8,457	0,846
65-75	15,0		8,457	0,846
Hombres				
6-10	0,00	563,8	0,000	0,000
11-17	0,00		0,000	0,000
18-24	15,0		8,457	0,940
25-34	15,0		8,457	0,940
35-44	15,0		8,457	0,940
45-54	15,0		8,457	0,940
55-64	15,0		8,457	0,846
65-75	15,0		8,457	0,846

Tal y como puede observarse en la tabla anterior, todos los grupos de edad presentaron la misma ingesta de calcio (8,457 mg/día), tanto para las mujeres como para los hombres. A excepción del grupo de edad de 45-54 años, ambos grupos de población reflejan idéntica contribución a la ingesta. En las mujeres, los grupos de edades comprendidas entre 18-24 años, 25-34 años y 35-44 años presentan las mayores contribuciones (0,940 %), mientras que en el caso de los hombres las contribuciones más altas se reflejan en los grupos de edades comprendidas entre 18-24 años, 25-34 años, 35-44 años y 45-54 años, respectivamente.

Magnesio

En la Tabla 132 se presentan las ingestas de magnesio y sus contribuciones a las IDRs por el consumo de batatas según los grupos de edad y sexo.

Tabla 132. Ingesta dietética de Mg en batatas por grupos de edad y sexo.

Grupos de edad (años)	Consumo (AESAN 2006) (g/día)	[Mg] (mg/kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres				
6-10	0,00	609,2	0,000	0,000
11-17	0,00		0,000	0,000
18-24	15,0		9,138	3,046
25-34	15,0		9,138	3,046
35-44	15,0		9,138	3,046
45-54	15,0		9,138	3,046
55-64	15,0		9,138	2,856
65-75	15,0		9,138	2,856
Hombres				
6-10	0,00	609,2	0,000	0,000
11-17	0,00		0,000	0,000
18-24	15,0		9,138	2,611
25-34	15,0		9,138	2,611
35-44	15,0		9,138	2,611
45-54	15,0		9,138	2,611
55-64	15,0		9,138	2,611
65-75	15,0		9,138	2,611

Para todos los grupos de edad, la ingesta de magnesio a través del consumo de batatas fue 9,138 mg/día tanto para las mujeres como para los hombres. Asimismo, la contribución a la ingesta en el caso de las mujeres es superior a la de los hombres. En las mujeres, las mayores contribuciones a la ingesta se presentaron en los grupos de edades comprendidas entre 18-24 años, 25-34 años, 35-44 años y 45-54 años (3,046 %), mientras que en el caso de los hombres todos los grupos de edad reflejaron la misma contribución (2,611 %) (Tabla 132).

Cobre

En la Tabla 133 se presentan las ingestas de cobre y sus contribuciones a las IDRs por el consumo de batatas según los grupos de edad y sexo.

Tabla 133. Ingesta dietética de Cu en batatas por grupos de edad y sexo.

Grupos de edad (años)	Consumo (AESAN 2006) (g/día)	[Cu] (mg/kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres				
6-10	0,00	1,291	0,000	0,000
11-17	0,00		0,000	0,000
18-24	15,0		0,019	1,727
25-34	15,0		0,019	1,727
35-44	15,0		0,019	1,727
45-54	15,0		0,019	1,727
55-64	15,0		0,019	1,727
65-75	15,0		0,019	1,727
Hombres				
6-10	0,00	1,291	0,000	0,000
11-17	0,00		0,000	0,000
18-24	15,0		0,019	1,727
25-34	15,0		0,019	1,727
35-44	15,0		0,019	1,727
45-54	15,0		0,019	1,727
55-64	15,0		0,019	1,727
65-75	15,0		0,019	1,727

Tal y como se puede observar en la Tabla 133, ambos sexos y todos los grupos de edad reflejan la misma la ingesta de cobre (0,019 mg/día) y contribución a la ingesta (1,727 %).

Hierro

En la Tabla 134 se presentan las ingestas de hierro y sus contribuciones a las IDRs por el consumo de batatas según los grupos de edad y sexo.

Tabla 134. Ingesta dietética de Fe en batatas por grupos de edad y sexo.

Grupos de edad (años)	Consumo (AESAN 2006) (g/día)	[Fe] (mg/kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres				
6-10	0,00	6,554	0,000	0,000
11-17	0,00		0,000	0,000
18-24	15,0		0,098	0,544
25-34	15,0		0,098	0,544
35-44	15,0		0,098	0,544
45-54	15,0		0,098	0,653
55-64	15,0		0,098	0,980
65-75	15,0		0,098	0,980
Hombres				
6-10	0,00	6,554	0,000	0,000
11-17	0,00		0,000	0,000
18-24	15,0		0,098	1,089
25-34	15,0		0,098	1,089
35-44	15,0		0,098	1,089
45-54	15,0		0,098	1,089
55-64	15,0		0,098	0,980
65-75	15,0		0,098	0,980

Para todos los grupos de edad, la ingesta de hierro a través del consumo de batatas fue 0,098 mg/día tanto para las mujeres como para los hombres. En las mujeres, las mayores contribuciones a la ingesta se presentan en los grupos de edades comprendidas entre 55-64 años y 65-75 años (0,980 %), mientras que en el caso de los hombres, a excepción de estos grupos de edad, se reflejan la contribución más alta (1,089 %), tal y como puede observarse en la Tabla 134.

Manganeso

En la Tabla 135 se presentan las ingestas de manganeso y sus contribuciones a las IDRs por el consumo de batatas según los grupos de edad y sexo.

Tabla 135. Ingesta dietética de Mn en batatas por grupos de edad y sexo

Grupos de edad (años)	Consumo (AESAN 2006) (g/día)	[Mn] (mg/kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres				
6-10	0,00	2,324	0,000	0,000
11-17	0,00		0,000	0,000
18-24	15,0		0,035	1,944
25-34	15,0		0,035	1,944
35-44	15,0		0,035	1,944
45-54	15,0		0,035	1,944
55-64	15,0		0,035	1,944
65-75	15,0		0,035	1,944
Hombres				
6-10	0,00	2,324	0,000	0,000
11-17	0,00		0,000	0,000
18-24	15,0		0,035	1,591
25-34	15,0		0,035	1,522
35-44	15,0		0,035	1,522
45-54	15,0		0,035	1,522
55-64	15,0		0,035	1,522
65-75	15,0		0,035	1,522

Para todos los grupos de edad, la ingesta de manganeso a través del consumo de batatas es 0,035 mg/día tanto para las mujeres como para los hombres. Asimismo, la contribución a la ingesta en el caso de las mujeres es superior a la de los hombres. En las mujeres, todos los grupos de edad presentan la misma contribución a la ingesta (1,944 %) mientras que en el caso de los hombres en el grupo de edad de 18-24 años se refleja la mayor contribución (1,591 %) (Tabla 135).

Zinc

En la Tabla 136 se presentan las ingestas de zinc y sus contribuciones a las IDRs por el consumo de batatas según los grupos de edad y sexo.

Tabla 136. Ingesta dietética de Zn en batatas por grupos de edad y sexo.

Grupos de edad (años)	Consumo (AESAN 2006) (g/día)	[Zn] (mg/kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres				
6-10	0,00	2,348	0,000	0,000
11-17	0,00		0,000	0,000
18-24	15,0		0,035	0,500
25-34	15,0		0,035	0,500
35-44	15,0		0,035	0,500
45-54	15,0		0,035	0,500
55-64	15,0		0,035	0,500
65-75	15,0		0,035	0,500
Hombres				
6-10	0,00	2,348	0,000	0,000
11-17	0,00		0,000	0,000
18-24	15,0		0,035	0,318
25-34	15,0		0,035	0,368
35-44	15,0		0,035	0,368
45-54	15,0		0,035	0,368
55-64	15,0		0,035	0,368
65-75	15,0		0,035	0,350

Para todos los grupos de edad, la ingesta de zinc fue 0,035 mg/día tanto para las mujeres como para los hombres. La contribución a la ingesta en el caso de las mujeres es superior a la de los hombres. Cabe destacar que en el caso de las mujeres, todos los grupos de edad reflejan la misma contribución a la ingesta (0,500 %) mientras que en los hombres de edades comprendidas entre 25-34 años, 35-44 años, 45-54 años y 55-64 años se presentan las mayores contribuciones (0,368 %) (Tabla 136).

Cromo

En la Tabla 137 se presentan las ingestas de cromo y sus contribuciones a las IDRs por el consumo de batatas según los grupos de edad y sexo.

Tabla 137. Ingesta dietética de Cr en batatas por grupos de edad y sexo.

Grupos de edad (años)	Consumo (AESAN 2006) (g/día)	[Cr] (mg/kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres				
6-10	0,00	0,028	0,000	0,000
11-17	0,00		0,000	0,000
18-24	15,0		0,00042	1,680
25-34	15,0		0,00042	1,680
35-44	15,0		0,00042	1,680
45-54	15,0		0,00042	2,100
55-64	15,0		0,00042	2,100
65-75	15,0		0,00042	2,100
Hombres				
6-10	0,00	0,028	0,000	0,000
11-17	0,00		0,000	0,000
18-24	15,0		0,00042	1,200
25-34	15,0		0,00042	1,200
35-44	15,0		0,00042	1,200
45-54	15,0		0,00042	1,400
55-64	15,0		0,00042	1,400
65-75	15,0		0,00042	1,400

En la Tabla anterior puede observarse que para todos los grupos de edad, la ingesta de cromo a través del consumo de batatas fue 0,00042 mg/día tanto para las mujeres como para los hombres. Cabe destacar que la contribución a la ingesta en las mujeres fue superior a la de los hombres. En ambos sexo, los grupos de edades comprendidas entre 45-54 años, 55-64 años y 65-75 años presentan las mayores contribuciones a la ingesta, concretamente, 2,100 % en mujeres, y 1,400 % en hombres (Tabla 137).

Níquel

En la Tabla 138 se presentan las ingestas de níquel y su contribución a la IDA por el consumo de batatas según los grupos de edad y sexo.

Tabla 138. Ingesta dietética de Ni en batatas por grupos de edad y sexo.

Grupos de edad (años)	Consumo (AESAN 2006) (g/día)	[Ni] (mg/kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres				
6-10	0,00	0,048	0,000	0,000
11-17	0,00		0,000	0,000
18-24	15,0		0,00072	0,2259
25-34	15,0		0,00072	0,2213
35-44	15,0		0,00072	0,2169
45-54	15,0		0,00072	0,2044
55-64	15,0		0,00072	0,2044
65-75	15,0		0,00072	0,2021
Hombres				
6-10	0,00	0,048	0,000	0,000
11-17	0,00		0,000	0,000
18-24	15,0		0,00072	0,1940
25-34	15,0		0,00072	0,1847
35-44	15,0		0,00072	0,1760
45-54	15,0		0,00072	0,1706
55-64	15,0		0,00072	0,1706
65-75	15,0		0,00072	0,1800

Tal y como puede observarse en la Tabla 138, ambos sexo y todos los grupos de edad presentan igual ingesta de níquel (0,00072 mg/día). Cabe destacar que la contribución a la ingesta en las mujeres es superior a la de los hombres. Los grupos de edad que mayor contribución a la ingesta presentan son los de edades comprendidas de 18-24 años, tanto para las mujeres como para los hombres, con una contribución a la ingesta de 0,2259 % en el caso de las mujeres, y 0,1940 % en hombres. Los grupos de edades comprendidas entre 45-54 años y 55-64 años presentan la misma contribución (0,2044 % en mujeres y 0,1706 % en hombres, respectivamente).

Cadmio

En la Tabla 139 se presentan las ingestas de cadmio y su contribución a la ISTPs por el consumo de batatas según los grupos de edad y sexo.

Tabla 139. Ingesta dietética de Cd en batatas por grupos de edad y sexo.

Grupos de edad (años)	Consumo (AESAN 2006) (g/día)	[Cd] (mg/kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres				
6-10	0,00	0,00085	0,000	0,000
11-17	0,00		0,000	0,000
18-24	15,0		0,000013	0,024
25-34	15,0		0,000013	0,0235
35-44	15,0		0,000013	0,0231
45-54	15,0		0,000013	0,0217
55-64	15,0		0,000013	0,0217
65-75	15,0		0,000013	0,0216
Hombres				
6-10	0,00	0,00085	0,000	0,000
11-17	0,00		0,000	0,000
18-24	15,0		0,000013	0,0207
25-34	15,0		0,000013	0,0195
35-44	15,0		0,000013	0,0188
45-54	15,0		0,000013	0,0186
55-64	15,0		0,000013	0,0186
65-75	15,0		0,000013	0,0192

Todos los grupos de edad presentan la misma ingesta de cadmio (0,000013 mg/día) tanto para las mujeres como para los hombres. Cabe destacar que la contribución a la ingesta en las mujeres es superior a la de los hombres. Los grupos de edad que mayor contribución a la ingesta presentan son 18-24 años, tanto para las mujeres como para los hombres, con una contribución a la ingesta de 0,024 % en el caso de las mujeres, y 0,0207 % en hombres. Ambos sexo con grupos de edades comprendidas entre 45-54 años y 55-64 años presentan la misma contribución, concretamente, 0,0217 % en mujeres, y 0,0186 % en hombres (Tabla 139).

Plomo

En la Tabla 140 se presentan las ingestas de plomo y su contribución a las ISTPs por el consumo de batatas según los grupos de edad y sexo.

Tabla 140. Ingesta dietética de Pb en batatas por grupos de edad y sexo.

Grupos de edad (años)	Consumo (AESAN 2006) (g/día)	[Pb] (mg/kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres				
6-10	0,00	0,0026	0,000	0,000
11-17	0,00		0,000	0,000
18-24	15,0		0,000039	0,017
25-34	15,0		0,000039	0,017
35-44	15,0		0,000039	0,0163
45-54	15,0		0,000039	0,0154
55-64	15,0		0,000039	0,0154
65-75	15,0		0,000039	0,0152
Hombres				
6-10	0,00	0,0026	0,000	0,000
11-17	0,00		0,000	0,000
18-24	15,0		0,000039	0,0146
25-34	15,0		0,000039	0,0140
35-44	15,0		0,000039	0,0133
45-54	15,0		0,000039	0,0132
55-64	15,0		0,000039	0,0132
65-75	15,0		0,000039	0,0135

Todos los grupos de edad presentan la misma ingesta de plomo (0,000039 mg/día) tanto para las mujeres como para los hombres. Cabe destacar que la contribución a la ingesta en las mujeres es superior a la de los hombres. Los grupos de edad que mayor contribución a la ingesta presentan son 18-24 años, tanto para las mujeres como para los hombres, con una contribución a la ingesta de 0,017 % en el caso de las mujeres, y 0,0146 % en hombres. Ambos sexo con grupos de edades comprendidas entre 45-54 años y 55-64 años presentan la misma contribución, concretamente, 0,0154 % en mujeres, y 0,0132 % en hombres (Tabla 140).

4.9.INGESTAS DIETÉTICAS DE METALES POR EL CONSUMO DE ÑAMES.

Para establecer la estimación de la ingesta dietética de metales a través del consumo de ñames, la Encuesta Nutricional de Canarias (ENCA) correspondiente al año 1997-1998 y la Agencia Española de Seguridad

Alimentaria y Nutrición (AESAN) correspondiente al año 2006 no aportan datos de referencia de consumo de este tubérculo. Por ello, como dato de referencia de consumo diario de ñames se usó el valor estimado por la FAO/OMS correspondiente al año 2009. Esta organización establece, para la población adulta, un consumo medio de 10,41 g/persona/día. A continuación se presentan las ingestas metálicas por el consumo de ñames y sus respectivas contribuciones a las IDRs e IDA/ISTPs, respectivamente.

Sodio

En la Tabla 141 se presentan las ingestas de sodio y sus contribuciones a las IDRs por el consumo de ñames según los grupos de edad y sexo.

Tabla 141. Ingesta dietética de Na en ñames por grupos de edad y sexo.				
Grupos de edad (años)	Consumo (FAO, 2009) (g/día)	[Na] (mg/kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres				
6-10	0,000	565,6	0,000	0,000
11-17	0,000		0,000	0,000
18-24	10,41		5,888	0,393
25-34	10,41		5,888	0,393
35-44	10,41		5,888	0,393
45-54	10,41		5,888	0,453
55-64	10,41		5,888	0,453
65-75	10,41		5,888	0,491
Hombres				
6-10	0,000	565,6	0,000	0,000
11-17	0,000		0,000	0,000
18-24	10,41		5,888	0,393
25-34	10,41		5,888	0,393
35-44	10,41		5,888	0,393
45-54	10,41		5,888	0,453
55-64	10,41		5,888	0,453
65-75	10,41		5,888	0,491

Para todos los grupos de edad, la ingesta de sodio a través del consumo de ñames es 5,888 mg/día, tanto para las mujeres como para los hombres. Para ambos sexos, el grupo de edad que mayor contribución a la ingesta presenta es el de 65-75 años, con una contribución de 0,491 % para mujeres y hombres, respectivamente (Tabla 141).

Potasio

En la Tabla 142 se presentan las ingestas de potasio y su contribución a las IDRs por el consumo de ñames según los grupos de edad y sexo.

Tabla 142. Ingesta dietética de K en ñames por grupos de edad y sexo.

Grupos de edad (años)	Consumo (FAO, 2009) (g/día)	[K] (mg/kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres				
6-10	0,000	2947	0,000	0,000
11-17	0,000		0,000	0,000
18-24	10,41		30,68	0,990
25-34	10,41		30,68	0,990
35-44	10,41		30,68	0,990
45-54	10,41		30,68	0,990
55-64	10,41		30,68	0,990
65-75	10,41		30,68	0,990
Hombres				
6-10	0,000	2947	0,000	0,000
11-17	0,000		0,000	0,000
18-24	10,41		30,68	0,990
25-34	10,41		30,68	0,990
35-44	10,41		30,68	0,990
45-54	10,41		30,68	0,990
55-64	10,41		30,68	0,990
65-75	10,41		30,68	0,990

Tal y como puede observarse en la Tabla 142, en ambos grupos de población, la ingesta de potasio es 30,68 mg/día. Cabe destacar que todos los grupos de edad presentan la misma contribución a la ingesta, 0,990 % para mujeres y hombres, respectivamente.

Calcio

En la Tabla 143 se presentan las ingestas de calcio y sus contribuciones a las IDRs por el consumo de ñames según los grupos de edad y sexo.

Tabla 143. Ingesta dietética de Ca en ñames por grupos de edad y sexo.

Grupos de edad (años)	Consumo (FAO, 2009) (g/día)	[Ca] (mg/kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres				
6-10	0,000	231,4	0,000	0,000
11-17	0,000		0,000	0,000
18-24	10,41		2,409	0,268
25-34	10,41		2,409	0,268
35-44	10,41		2,409	0,268
45-54	10,41		2,409	0,241
55-64	10,41		2,409	0,241
65-75	10,41		2,409	0,241
Hombres				
6-10	0,000	231,4	0,000	0,000
11-17	0,000		0,000	0,000
18-24	10,41		2,409	0,268
25-34	10,41		2,409	0,268
35-44	10,41		2,409	0,268
45-54	10,41		2,409	0,268
55-64	10,41		2,409	0,241
65-75	10,41		2,409	0,241

Todos los grupos de edad presentan la misma ingesta de calcio (2,409 mg/día), tanto para las mujeres como para los hombres. A excepción del grupo de edad de 45-54 años, ambos sexos reflejan idéntica contribución a la ingesta. En las mujeres, los grupos de edades comprendidas entre 18-24 años, 25-34 años y 35-44 años presentan las mayores contribuciones (0,268 %), mientras que en el caso de los hombres las contribuciones más altas se observa en los grupos de edades comprendidas entre 18-24 años, 25-34 años, 35-44 años y 45-54 años, respectivamente (Tabla 143).

Magnesio

La Tabla 144 muestra las ingestas de magnesio y sus contribuciones a las IDRs por el consumo de ñames según los grupos de edad y sexo.

Tabla 144. Ingesta dietética de Mg en ñames por grupos de edad y sexo.

Grupos de edad (años)	Consumo (FAO, 2009) (g/día)	[Mg] (mg/kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres				
6-10	0,000	364,6	0,000	0,000
11-17	0,000		0,000	0,000
18-24	10,41		3,795	1,265
25-34	10,41		3,795	1,265
35-44	10,41		3,795	1,265
45-54	10,41		3,795	1,265
55-64	10,41		3,795	1,186
65-75	10,41		3,795	1,186
Hombres				
6-10	0,000	364,6	0,000	0,000
11-17	0,000		0,000	0,000
18-24	10,41		3,795	1,084
25-34	10,41		3,795	1,084
35-44	10,41		3,795	1,084
45-54	10,41		3,795	1,084
55-64	10,41		3,795	1,084
65-75	10,41		3,795	1,084

Para todos los grupos de edad, la ingesta de magnesio a través del consumo de ñames es 3,795 mg/día tanto para las mujeres como para los hombres. La contribución a la ingesta en el caso de las mujeres es superior a la de los hombres. En las mujeres, las mayores contribuciones a la ingesta se presentan en los grupos de edades comprendidas entre 18-24 años, 25-34 años, 35-44 años y 45-54 años (1,265 %), mientras que en el caso de los hombres todos los grupos de edad reflejan la misma contribución (1,084 %), tal y como se observa en la Tabla 144.

Cobre

En la Tabla 145 se presentan las ingestas de cobre y su contribución a la IDRs por el consumo de ñames según los grupos de edad y sexo.

Tabla 145. Ingesta dietética de Cu en ñames por grupos de edad y sexo.

Grupos de edad (años)	Consumo (FAO, 2009) (g/día)	[Cu] (mg/kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres				
6-10	0,000	1,224	0,000	0,000
11-17	0,000		0,000	0,000
18-24	10,41		0,013	1,182
25-34	10,41		0,013	1,182
35-44	10,41		0,013	1,182
45-54	10,41		0,013	1,182
55-64	10,41		0,013	1,182
65-75	10,41		0,013	1,182
Hombres				
6-10	0,000	1,224	0,000	0,000
11-17	0,000		0,000	0,000
18-24	10,41		0,013	1,182
25-34	10,41		0,013	1,182
35-44	10,41		0,013	1,182
45-54	10,41		0,013	1,182
55-64	10,41		0,013	1,182
65-75	10,41		0,013	1,182

Tal y como se puede observar en la Tabla 145, ambos sexos y todos los grupos de edad, reflejan la misma la ingesta de cobre (0,013 mg/día) y respectivas contribuciones a las IDRs (1,182 %).

Hierro

La Tabla 146 muestra las ingestas de hierro y sus contribuciones a las IDRs por el consumo de ñames según los grupos de edad y sexo.

Tabla 146. Ingesta dietética de Fe en ñames por grupos de edad y sexo.

Grupos de edad (años)	Consumo (FAO, 2009) (g/día)	[Fe] (mg/kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres				
6-10	0,000	3,818	0,000	0,000
11-17	0,000		0,000	0,000
18-24	10,41		0,040	0,222
25-34	10,41		0,040	0,222
35-44	10,41		0,040	0,222
45-54	10,41		0,040	0,267
55-64	10,41		0,040	0,400
65-75	10,41		0,040	0,400
Hombres				
6-10	0,000	3,818	0,000	0,000
11-17	0,000		0,000	0,000
18-24	10,41		0,040	0,444
25-34	10,41		0,040	0,444
35-44	10,41		0,040	0,444
45-54	10,41		0,040	0,444
55-64	10,41		0,040	0,400
65-75	10,41		0,040	0,400

Para todos los grupos de edad, la ingesta de hierro por el consumo de ñames es 0,040 mg/día tanto para las mujeres como para los hombres. En las mujeres, las mayores contribuciones a la ingesta se presentan en los grupos de edades comprendidas entre 55-64 años y 65-75 años (0,400 %), mientras que en el caso de los hombres, a excepción de estos grupos de edad, se reflejan la contribución más alta (0,444 %) (Tabla 146).

Manganeso

En la Tabla 147 se presentan las ingestas de manganeso y sus contribuciones a las IDRs por el consumo de ñames según los grupos de edad y sexo.

Tabla 147. Ingesta dietética de Mn en ñames por grupos de edad y sexo.

Grupos de edad (años)	Consumo (FAO, 2009) (g/día)	[Mn] (mg/kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres				
6-10	0,000	1,408	0,000	0,000
11-17	0,000		0,000	0,000
18-24	10,41		0,015	0,833
25-34	10,41		0,015	0,833
35-44	10,41		0,015	0,833
45-54	10,41		0,015	0,833
55-64	10,41		0,015	0,833
65-75	10,41		0,015	0,833
Hombres				
6-10	0,000	1,408	0,000	0,000
11-17	0,000		0,000	0,000
18-24	10,41		0,015	0,682
25-34	10,41		0,015	0,652
35-44	10,41		0,015	0,652
45-54	10,41		0,015	0,652
55-64	10,41		0,015	0,652
65-75	10,41		0,015	0,652

Para todos los grupos de edad, la ingesta de manganeso es 0,015 mg/día, tanto para las mujeres como para los hombres. Para este metal, la contribución a la ingesta en el caso de las mujeres es superior a la de los hombres. En las mujeres, todos los grupos de edad presentan la misma contribución a la ingesta (0,833 %) mientras que en el caso de los hombres en el grupo de edad de 18-24 años se refleja la mayor contribución (0,682 %) (Tabla 147).

Zinc

La Tabla 148 refleja las ingestas de zinc y sus contribuciones a las IDRs por el consumo de ñames según los grupos de edad y sexo.

Tabla 148. Ingesta dietética de Zn en ñames por grupos de edad y sexo.

Grupos de edad (años)	Consumo (FAO, 2009) (g/día)	[Zn] (mg/kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres				
6-10	0,000	2,242	0,000	0,000
11-17	0,000		0,000	0,000
18-24	10,41		0,023	0,329
25-34	10,41		0,023	0,329
35-44	10,41		0,023	0,329
45-54	10,41		0,023	0,329
55-64	10,41		0,023	0,329
65-75	10,41		0,023	0,329
Hombres				
6-10	0,000	2,242	0,000	0,000
11-17	0,000		0,000	0,000
18-24	10,41		0,023	0,209
25-34	10,41		0,023	0,242
35-44	10,41		0,023	0,242
45-54	10,41		0,023	0,242
55-64	10,41		0,023	0,242
65-75	10,41		0,023	0,230

Para todos los grupos de edad, la ingesta de zinc es 0,023 mg/día tanto para las mujeres como para los hombres. La contribución a la ingesta en el caso de las mujeres es superior a la de los hombres. En las mujeres, todos los grupos de edad reflejan la misma contribución a la ingesta (0,329 %) mientras que en el caso de los hombres en los grupos de edades comprendidas entre 25-34 años, 35-44 años, 45-54 años y 55-64 años se presentan las mayores contribuciones (0,242 %) (Tabla 148).

Cromo

En la Tabla 149 se presentan las ingestas de cromo y sus contribuciones a las IDRs por el consumo de ñames según los grupos de edad y sexo.

Tabla 149. Ingesta dietética de Cr en ñames por grupos de edad y sexo.

Grupos de edad (años)	Consumo (FAO, 2009) (g/día)	[Cr] (mg/kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres				
6-10	0,000	0,044	0,000	0,000
11-17	0,000		0,000	0,000
18-24	10,41		0,00046	1,840
25-34	10,41		0,00046	1,840
35-44	10,41		0,00046	1,840
45-54	10,41		0,00046	2,300
55-64	10,41		0,00046	2,300
65-75	10,41		0,00046	2,300
Hombres				
6-10	0,000	0,044	0,000	0,000
11-17	0,000		0,000	0,000
18-24	10,41		0,00046	1,314
25-34	10,41		0,00046	1,314
35-44	10,41		0,00046	1,314
45-54	10,41		0,00046	1,533
55-64	10,41		0,00046	1,533
65-75	10,41		0,00046	1,533

Tal y como se puede observar en la Tabla 149, para todos los grupos de edad, la ingesta de cromo a través del consumo de ñames es 0,00046 mg/día tanto para las mujeres como para los hombres. Cabe destacar que la contribución a la ingesta en las mujeres es superior a la de los hombres. En ambos sexo, los grupos de edades comprendidas entre 45-54 años, 55-64 años y 65-75 años presentan las mayores contribuciones a la ingesta, concretamente, 2,300 % en mujeres, y 1,533 % en hombres.

Níquel

En la Tabla 150 se presentan las ingestas de níquel y su contribución a la IDA por el consumo de ñames según los grupos de edad y sexo.

Tabla 150. Ingesta dietética de Ni en ñames por grupos de edad y sexo.

Grupos de edad (años)	Consumo (FAO, 2009) (g/día)	[Ni] (mg/kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres				
6-10	0,000	0,022	0,000	0,000
11-17	0,000		0,000	0,000
18-24	10,41		0,00023	0,072
25-34	10,41		0,00023	0,071
35-44	10,41		0,00023	0,069
45-54	10,41		0,00023	0,065
55-64	10,41		0,00023	0,065
65-75	10,41		0,00023	0,064
Hombres				
6-10	0,000	0,022	0,000	0,000
11-17	0,000		0,000	0,000
18-24	10,41		0,00023	0,062
25-34	10,41		0,00023	0,059
35-44	10,41		0,00023	0,056
45-54	10,41		0,00023	0,055
55-64	10,41		0,00023	0,055
65-75	10,41		0,00023	0,058

Ambos sexo y todos los grupos de edad presentaron igual ingesta de níquel (0,00023 mg/día). Cabe destacar que la contribución a la ingesta en las mujeres fue superior a la de los hombres. Los grupos de edad que mayor contribución a la ingesta presentan son 18-24 años, tanto para las mujeres como para los hombres, con una contribución a la ingesta de 0,072 % en el caso de las mujeres, y 0,062 % en hombres. Los grupos de edades comprendidas entre 45-54 años y 55-64 años presentan la misma contribución (0,065 % en mujeres y 0,055 % en hombres, respectivamente), tal y como puede observarse en la Tabla 150.

Cadmio

La Tabla 151 presenta las ingestas de cadmio y su contribución a las ISTPs por el consumo de ñames según los grupos de edad y sexo.

Tabla 151. Ingesta dietética de Cd en ñames por grupos de edad y sexo.

Grupos de edad (años)	Consumo (FAO, 2009) (g/día)	[Cd] (mg/kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres				
6-10	0,000	0,003	0,000	0,000
11-17	0,000		0,000	0,000
18-24	10,41		0,000031	0,059
25-34	10,41		0,000031	0,057
35-44	10,41		0,000031	0,056
45-54	10,41		0,000031	0,053
55-64	10,41		0,000031	0,053
65-75	10,41		0,000031	0,052
Hombres				
6-10	0,000	0,003	0,000	0,000
11-17	0,000		0,000	0,000
18-24	10,41		0,000031	0,051
25-34	10,41		0,000031	0,048
35-44	10,41		0,000031	0,046
45-54	10,41		0,000031	0,045
55-64	10,41		0,000031	0,045
65-75	10,41		0,000031	0,047

Todos los grupos de edad presentaron la misma ingesta de cadmio (0,000031 mg/día) tanto para las mujeres como para los hombres. Cabe destacar que la población femenina presentó una mayor contribución a la ingesta que la población masculina, siendo los grupos de edad que mayor contribución a la ingesta presentaron los de edades comprendidas entre 18-24 años, tanto para las mujeres como para los hombres, con una contribución a la ingesta de 0,059 % en el caso de las mujeres, y 0,051 % en hombres. Ambos sexo con grupos de edades comprendidas entre 45-54 años y 55-64 años presentan la misma contribución, concretamente, 0,053 % en mujeres, y 0,045 % en hombres (Tabla 151).

Plomo

En la Tabla 152 se presentan las ingestas de plomo y su contribución a las ISTPs por el consumo de ñames según los grupos de edad y sexo.

Tabla 152. Ingesta dietética de Pb en ñames por grupos de edad y sexo.

Grupos de edad (años)	Consumo (FAO, 2009) (g/día)	[Pb] (mg/kg)	Ingesta (mg/día)	Contribución a la ingesta (%)
Mujeres				
6-10	0,000	0,006	0,000	0,000
11-17	0,000		0,000	0,000
18-24	10,41		0,000062	0,027
25-34	10,41		0,000062	0,026
35-44	10,41		0,000062	0,026
45-54	10,41		0,000062	0,025
55-64	10,41		0,000062	0,025
65-75	10,41		0,000062	0,024
Hombres				
6-10	0,000	0,006	0,000	0,000
11-17	0,000		0,000	0,000
18-24	10,41		0,000062	0,023
25-34	10,41		0,000062	0,022
35-44	10,41		0,000062	0,021
45-54	10,41		0,000062	0,021
55-64	10,41		0,000062	0,021
65-75	10,41		0,000062	0,022

Tal y como puede observarse en la Tabla 152, todos los grupos de edad presentan la misma ingesta de plomo (0,000062 mg/día) tanto para las mujeres como para los hombres. Cabe destacar que las mujeres presentaron una mayor contribución a la ingesta que los hombres fundamentalmente los grupos de edades comprendidas entre 18-24 años, tanto para las mujeres como para los hombres, con una contribución a la ingesta de 0,027 % en el caso de las mujeres, y 0,023 % en hombres. Ambos grupos de población, con grupos de edades comprendidas entre 45-54 años y 55-64 años presentan la misma contribución, concretamente, 0,025 % en mujeres, y 0,021 % en hombres.

4.10. COMPARACIÓN DE LAS INGESTAS DIETÉTICAS DE METALES DE LOS TUBÉRCULOS ANALIZADOS

En la Tabla 153 se comparan las ingestas totales de cada uno de los metales estudiados para los tres tubérculos analizados (papas, batatas y ñames, respectivamente).

Tabla 153. Comparación de las ingestas metálicas debidas al consumo de tubérculos analizados (papas, batatas y ñames) (mg/día)

Metal	Tubérculo		
	Papas	Batatas	Ñames
Macroelementos			
Na	22,38	7,499	5,888
K	680,0	66,12	30,68
Ca	10,87	8,457	2,409
Mg	45,26	9,138	3,794
Microelementos			
Cu	0,211	0,019	0,013
Fe	0,765	0,098	0,040
Mn	0,260	0,035	0,015
Zn	0,556	0,035	0,023
Cr	0,0029	0,0004	0,0005
Ni	0,0090	0,0007	0,0002
Tóxicos			
Cd	0,0016	0,00001	0,00003
Pb	0,0023	0,00005	0,00006

En líneas generales, las ingestas estimadas de metales por el consumo de papas superan considerablemente a las ingestas estimadas por el consumo de batatas y ñames, respectivamente. Esta diferencia en los resultados es consecuencia de los diferentes consumos establecidos para los distintos tubérculos por las dos encuestas nutricionales (ENCA, 2000; AESAN, 2006) y la FAO (FAO, 2009) usados en la estimación de estas ingestas.

Respecto a los metales esenciales, en los tres tubérculos se observan las mayores ingestas de potasio. Asimismo, las papas y las batatas muestran las menores ingestas de cromo (0,0029 mg/día y 0,0004 mg/día, respectivamente) mientras que los ñames reflejan las ingestas de níquel más bajas (0,0002 mg/día), tal y como puede observarse en la Tabla 153.

En el caso del calcio, pese a la diferencia en los valores de consumo de las papas y las batatas, se observa que la ingesta estimada de calcio en las batatas es próxima a la de las papas. Por tanto, se deduce la existencia de una contribución significativa en el aporte de este metal por el consumo de batatas a la dieta de los canarios.

Las ingestas dietéticas de metales en los tres tubérculos analizados cumplen con las IDRs (Ingestas Dietéticas Recomendadas) establecidas por la FESNAD (2010) para la población española.

Respecto a los metales tóxicos, en los tres tubérculos estudiados se observa que las ingestas estimadas de plomo fueron superiores en comparación a las de cadmio. Cabe destacar que las ingestas de cadmio y plomo se sitúan por debajo del nivel establecido como ISTP (Ingesta Semanal Tolerable Provisional) de 5,8 $\mu\text{g}/\text{Kg}/\text{día}$ y 25 $\mu\text{g}/\text{Kg}/\text{día}$ respectivamente, fijadas por la FAO.

5. CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES

Del análisis de los resultados experimentales obtenidos en este estudio, se deducen las siguientes conclusiones:

1. En general, las batatas (*Ipomoea batatas L.*) presentaron niveles metálicos superiores al resto de los tubérculos estudiados (papas y ñames). Así, los mayores contenidos de K, Ca, Mg, Cu, Fe y Mn se detectaron en este tubérculo.
2. Desde un punto de vista cuantitativo, los resultados reflejan que el K es el metal más abundante en todos los tubérculos estudiados, con valores medios de 4,154 g/Kg para las papas, 4,408 g/Kg para las batatas y 2,947 g/Kg para los ñames.
3. Respecto a los elementos traza, el Fe fue el metal que se encontró en mayor concentración tanto en las papas, las batatas como en los ñames (4,672, 6,554 y 3,818 mg/Kg, respectivamente). En los tres tubérculos estudiados, Cr (0,018 - 0,044 mg/Kg) y Ni (0,021 - 0,054 mg/Kg) se detectaron en menores concentraciones.
4. En los metales tóxicos, los niveles detectados de Cd (0,0008 - 0,01 mg/Kg) y Pb (0,003 - 0,014 mg/Kg) en los tres tubérculos estudiados fueron bajos.
5. Con respecto a las distintas variedades de papas analizadas en esta tesis, cabe destacar que las papas antiguas (“bonita”, “colorada”, “negra” y “venezolana”) presentaron mayores contenidos de casi todos los metales estudiados (K = 4395, Ca = 71,55, Mg = 289,8, Fe = 4,874; Zn = 3,657; Ni = 0,059 y Cd = 0,011 mg/Kg, respectivamente) en comparación con las papas importadas.
6. De todas las papas antiguas analizadas, la “papa negra” es la variedad que presenta un mayor contenido metálico mientras que las concentraciones de metales más bajas se presentaron en la variedad “colorada”.
7. Dentro del grupo de papas de importación (“cara”, “King-Edward”, “recara”, “rooster”, “rosada” y “up-to-date”) la variedad “recara” es la

- variedad que presentó los niveles más altos de metales mientras que las concentraciones metálicas más bajas se reflejaron en la variedad “cara”.
8. Respecto a las batatas, la variedad “blanca” presentó los mayores contenidos metálicos (Na = 564,4, Mg = 706,2, Fe = 7,195, Mn = 2,713, Cr = 0,034 y Ni = 0,056 mg/Kg, respectivamente) mientras que en la variedad “yema de huevo” se detectaron los niveles más bajos.
 9. En el caso de las papas y las batatas, al estudiar el contenido metálico según las zonas de producción, hemos detectado una influencia de la zona de producción sobre el contenido mineral, determinándose concentraciones superiores de Ca, Mg, Cu, Mn, Cr, Ni y Cd en las procedentes de la zona Norte y de Na, K y Pb en las procedentes de la zona Sur de la isla de Tenerife.
 10. Los mayores contenidos metálicos se detectaron en los ñames procedentes de los municipios de La Orotava (K = 4340, Ca = 392,2, Fe = 6,200 y Mn = 1,711 mg/Kg, respectivamente) y Los Realejos (Na = 970,0, Mg = 534,8 y Cr = 0,081 mg/Kg, respectivamente), mientras que los contenidos más bajos se reflejaron en los ñames provenientes de Tacoronte.
 11. Los resultados de esta tesis ponen de manifiesto que los niveles de metales tóxicos, Cd y Pb, detectados en los tubérculos analizados no superan los límites máximos admitidos establecidos por la legislación vigente y, por tanto, se confirma la ausencia de riesgo de producir efectos adversos sobre la salud humana.
 12. El análisis de correlaciones entre los tubérculos estudiados y las concentraciones de metales, mostraron la existencia de correlaciones similares en las papas y las batatas (correlación positiva Cu-Zn y correlación negativa K-Pb). Asimismo, se presentó la correlación negativa Fe-Mn en las batatas y ñames.
 13. En relación a los tres tubérculos estudiados, en ningún caso se superan las Ingestas Diarias de Referencias para todos y cada uno de los metales analizados y es el consumo de papas el que más contribuye a las IDR establecidas. Las batatas y los ñames contribuyen pobremente a las Ingestas Diarias Recomendadas debido a su bajo consumo.

14. Las papas, son los tubérculos que más K, Cu y Cr aportan a la dieta de la población isleña.
15. En caso de suponer un consumo total de papas en forma de papas antiguas, la contribución a las IDRs sería mayor que cuando el consumo de papas se hace en forma de papas de importación.
16. Las concentraciones de metales en las muestras analizadas difieren según las zonas de producción e incluso las variedades del tubérculo en estudio. Ello demuestra, por tanto, que la composición mineral que presentan los tubérculos es un reflejo de la composición de los suelos y del ambiente donde crecen los mismos. La determinación del contenido metálico en los tubérculos es una buena herramienta para establecer la zona de origen de los mismos así como las variedades, para asegurar la calidad de los mismos y para crear una base de datos en las tablas de composición de los alimentos.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Adeyeye EI, Arogundade LA, Akintayo ET, Aisida OA, Alao PA. (2000). Calcium, zinc and phytate interrelationships in some foods of major consumption in Nigeria. *Food Chem*; 71: 435-441.
2. Adewusi SRA, Ojumu TV, Falade OS. (1999). The effect of processing on total organic acids content and mineral availability of simulated cassava-vegetable diets. *Plant Food Hum Nutr*; 53: 367-380.
3. AESAN (2006). Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Modelo de dieta española para la determinación de la exposición del consumidor a sustancias químicas.
4. Agbor-Egbe T, Treche S. (1995). Evaluation of the chemical composition of cameroonian yam germplasm. *J Food Compos Anal*; 8: 274-283.
5. Agwunobi LN. (1999). *Dioscorea alata* (Water Yam) as a replacement for maize in diets for laying Hens. *Trop Anim Health Prod*; 31: 391-396.
6. Aina AJ, Falade KO, Akingbala JO, Titus P. (2009). Physicochemical properties of twenty-one Caribbean sweet potato cultivars. *Int J Food Sci Technol*; 44: 1696-1704.
7. Alam MG, Snow ET, Tanaka A. (2003). Arsenic and heavy metal contamination of vegetables grown in Samta village, Bangladesh. *Sci Total Environ*; 308: 83-96.
8. Alberti-Fidanza A, Burini G, Perriello G, Fidanza F. (2003). Trace element intake and status of Italian subjects living in the Gubbio area. *Environ Res*; 91: 71-77.
9. Alegria A, Barberá R, Farré R. (1990a). Influence of environmental contamination on Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb and Zn content of edible vegetables: Safety and nutritional aspects. *J Micronutr Anal*; 8: 91-104.
10. Alegria A, Barberá R, Farré R, Lagarda MJ, Roig MJ, Romero I. (1990b). Evaluation of antimony, cadmium and lead levels in vegetables, drinking and raw water from different agricultural areas. *Int J Environ Anal Chem*; 38: 65-73.

11. Alegria A, Barbera R, Farré R, Lagarda M.J. (1990). Lead, cadmium and chromium content of edible vegetables grown in three different agricultural areas. *Food Addit Contam*; 7: S22-S25.
12. Alloway BJ, Jackson AP. (1991). The behaviour of heavy metals in sewage sludge-amended soils. *Sci Total Environ*; 100: 151-176.
13. Almazan AM, Zhou X. (1997). Biomass yield and composition of sweetpotato grown in a nutrient film technique system. *Plant Food Hum Nutr*; 50: 259-268.
14. Álvarez CE, Gil J. (1996). Inventario de las papas presentes en la isla de Tenerife y de los nombres que en ella reciben. Servicio de Agricultura, Cabildo Insular de Tenerife.
15. Alvis A, Vélez CA, Rada-Mendoza M. (2008). Composición de ñames frescos cultivados en Colombia y sometidos a freido por inmersión. *Inf Tecnol*; 19: 3-10.
16. Al-Weshahy A, Venket Rao A. (2009). Isolation and characterization of functional components from peel samples of six potatoes varieties growing in Ontario. *Food Res Int*; 42: 1062-1066.
17. Aman T, Kazi AA, Sabri MU, Bano Q. (2008). Potato peels as solid waste for the removal of heavy metal copper (II) from waste water/industrial effluent. *Colloid Surf B Biointerfaces*; 63: 116-121.
18. Ames M, Spooner DM. (2008). DNA from herbarium specimens settles a controversy about origins of the European potato. *Am J Bot*; 95: 252-257.
19. An LV, Frankow-Lindberg BE, Lindberg JE. (2003). Effect of harvesting interval and defoliation on yield and chemical composition of leaves, stems and tubers of sweet potato (*Ipomoea batatas L. (Lam)*) plant parts. *Field Crop Res*; 82: 49-58.
20. Anderson KA, Magnuson BA, Tschirgi ML, Smith B. (1999). Determining the geographic origin of potatoes with trace metal analysis using statistical and network classifiers. *J Agric Food Chem*; 47: 1568-1575.
21. Andrade RD, Torres R, Montes EJ, Pérez OA, Acuña CA, Narváez GJ. (2009). Obtención de aguardiente a partir de batata (*Ipomoea batatas L.*). *Temas Agrarios*; 14: 39-45.
22. Andre CM, Ghislain M, Bertin P, Oufir M, Herrera MR, Hoffmann L, Hausman JF, Larondelle Y, Evers D. (2007). Andean potato cultivars

- (*Solanum tuberosum* L.) as a source of antioxidant and mineral micronutrients. J Agric Food Chem; 55: 366-378.
23. Angelova V, Ivanova R, Delibaltova V, Ivanov K. (2004). Bioaccumulation and distribution of heavy metals in fibre crops (flax, cotton and hemp). Ind Crop Prod; 19: 197-205.
24. AOAC (1990). Official methods of the analysis of the AOAC. 15 th ed. Washington. Association of the Official Analytical Chemists: 237-273.
25. Ara A. (2007). Los alimentos de la A a la Z. Guía completa de alimentos y aditivos alimentarios. Ediciones Edaf S.L. España.
26. Aranda P, Planells E, Llopis J. (2000). Magnesio. Scientific communication: Art o Technique?. Ars Pharmaceutica; 41: 91-100.
27. Aregheore EM, Perera D. (2003). Dry matter, nutrient composition and palatability/acridity of eight exotic cultivars of cocoyams-taro (*Colocasia esculenta*) in Samoa. Plant Food Hum Nutr; 58: 1-8.
28. Aregheore EM. (2004). Nutritive value of sweet potato (*Ipomea batatas* (L) Lam) forage as goat feed: voluntary intake, growth and digestibility of mixed rations of sweet potatoes and batiki grass (*Ischaemum aristatum* var. *indicum*). Small Ruminant Res; 51: 235-241.
29. Asiedu R, Sartie A. (2010). Crops that feed the world. Yams. Food Sec; 2: 305-315.
30. Baah FD, Maziya-Dixon B, Asiedu R, Oduro I, Ellis WO. (2009). Nutritional and biochemical composition of *D. alata* (*Dioscorea spp.*) tubers. J Food Agric Environ; 7: 373-378.
31. Baghour M, Moreno DA, Villora G, Hernández J, Castilla N, Romero L. (2001). Phytoextraction of Cd and Pb and physiological effects in potato plants (*Solanum tuberosum* var. Spunta): Importance of root. J Agric Food Chem; 49: 5356-5363.
32. Bahemuka TE, Mubofu EB. (1999). Heavy metals in edible green vegetables grown along the sites of the Sinza and Msimbazi rivers in Dar es Salaam, Tanzania. Food Chem; 66: 63-66.
33. Bailey JS, Ramakrishna A, Kirchhof G. (2009). An evaluation of nutritional constraints on sweet potato (*Ipomoea batatas*) production in the central highlands of Papua New Guinea. Plant Soil; 316: 97-105.

34. Bamberg J, del Rio A, Huaman Z, Vega S, Martín M, Salas A, Pavel J, Kiru S, Fernández C, Spooner D. (2003). A decade of collecting and research on wild potatoes of the Southwest USA. *Am J Potato Res*; 80: 159-172.
35. Barceloux DG. (1999). Nickel. *Clin Toxicol*; 37: 239-258.
36. Bartl B, Hartl W, Horak O. (2002). Long-term application of biowaste compost versus mineral fertilization: Effects on the nutrient and heavy metal contents of soil and plants. *J Plant Nutr Soil Sci*; 165: 161-165.
37. Baxter MJ, Burrell JA, Crews HM, Smith A, Massey RC. (1992). Lead contamination during domestic preparation and cooking of potatoes and leaching of bone-derived lead on roasting marinating and boiling beef. *Food Addit Contam*; 9: 225-235.
38. Becker W, Jorhem L, Sundström B, Petersson K. (2011). Contents of mineral elements in Swedish market basket diets. *J Food Compos Anal*; 24: 279-287.
39. Belitz HD, Grosch W, Schieberle P. (2009). Vegetables and vegetable products. *Food Chem*; 17: 770-806.
40. Berg T, Licht D. (2002). International legislation on trace elements as contaminants in food: a review. *Food Addit Contam*; 19: 916-927.
41. Berglund M, Akesson A, Nermell B, Vahter M. (1994). Intestinal absorption of dietary cadmium in women depends on body iron stores and fiber intake. *Environ Health Perspect*; 102: 1058-1066.
42. Bhandari MR, Takanori K, Kawabata J. (2003). Nutritional evaluation of wild yam (*Dioscorea spp.*) tubers of Nepal. *Food Chem*; 82: 619-623.
43. Bhandari MR, Kawabata J. (2005). Bitterness and toxicity in wild yam (*Dioscorea spp.*) tubers of Nepal. *Plant Food Hum Nutr*; 60: 129-135.
44. Bibak A, Strup S, Haahr V, Gundersen P, Gundersen V. (1999). Concentrations of 50 major and trace elements in Danish agricultural crops measured by inductively coupled plasma mass spectrometry. 3. Potato (*Solanum tuberosum Folva*). *J Agric Food Chem*; 47: 2678-2684.
45. Biego GH, Joyeux M, Hartemann P, Debry G. (1998). Daily intake of essential minerals and metallic micropollutants from foods in France. *Sci Total Environ*; 217: 27-36.

46. Biggs M. (2004). El gran libro de las hortalizas. Ediciones Integral. Barcelona.
47. Blanusa M, Juresa D. (2001). Lead, cadmium, and mercury dietary intake in Croatia. *Arh Hig Rada Toksikol*; 52: 229-237.
48. Bocio A, Nadal M, Domingo JL. (2005). Human Exposure to metals through the diet in Tarragona, Spain. *Biol Trace Elem Res*; 104: 193-201.
49. Borba, N. (2008). La papa un alimento básico. Posibles impactos frente a la introducción de papa transgénica. RAP-AL. Uruguay.
50. Borah S Baruah AM, Das AK, Borah J. (2008). Determination of mineral content in commonly consumed leafy vegetables. *Food Anal Meth*; 2: 226-230.
51. Bosque MA, Schuhmacher M, Domingo JL, Llobet JM. (1990). Concentrations of lead and cadmium in edible vegetables from Tarragona province, Spain. *Sci Total Environ*; 95: 61-67.
52. Bourn D, Prescott J. (2002). A comparison of nutritional value, sensory qualities and food safety of organically and conventionally produced foods. *Crit Rev Food Sci*; 42: 1-34.
53. Bovell-Benjamin AC. (2007). Sweet potato: A review of its past, present, and future role in human nutrition. *Adv Food Nutr Res*; 52: 1-59.
54. Bradbury JH, Holloway WD. (1988). Chemistry of tropical root crops: the significance for nutrition and agriculture in the Pacific. Australian Center for International Agricultural Research. Camberra: 89-133.
55. Bratakos MS, Lazos ES, Bratakos SM. (2002). Chromium content of selected Greek foods. *Sci Total Environ*; 290: 47-58.
56. Brito Millares G, Rodríguez Rodríguez E, Sanz Alaejos M, Díaz Romero C. (1999). Aspectos nutricionales de la papa. *Higia (Revista del Colegio Oficial de Farmacéuticos de Santa Cruz de Tenerife)*; 19: 17-23.
57. Brown CR. (1993). Origin and history of the potato. *Am J Potato Res*; 70: 363-373.
58. Brown CR. (2008). Breeding for phytonutrient enhancement of potato. *Am J Potato Res*; 85: 298-307.
59. Brown CR, Durst RW, Wrolstad R, De Jong W. (2008). Variability of phytonutrient content of potato in relation to growing location and cooking method. *Potato Res*; 51: 259-270.

60. Brüggenmann J, Kumpulainen J. (1995). The status of trace elements in staple foods from the former Federal Republic of Germany. I. Contents of 11 trace elements. *Z Lebensm Unters Forsch*; 201: 1-6.
61. Brussaard JH, Van Dokkum W, Van der Paauw CG, De Vos RH, De Kort WLAM, Löwik MRH. (1996). Dietary intake of food contaminants in the Netherlands (Dutch nutrition surveillance system). *Food Addit Contam*; 13: 561-573.
62. Buono V, Paradiso A, Serio F, Gonnella M, DeGara L, Santamaría P. (2009). Tuber quality and nutritional components of “early” potato subjected to chemical haulm desiccation. *J Food Compos Anal*; 22: 556-562.
63. Burgos G, Amoros W, Morote M, Stangoulis J, Bonierbale M. (2007). Iron and zinc concentration of native Andean potato cultivars from a human nutrition perspective. *J Sci Food Agric*; 87: 668-675.
64. Burton WG, Van Es A, Hajimans KJ. (1992). The physics and physiology of storage. En: Harris PM, ed. *The potato crop*. Chapman & Hall. Londres: 608-727.
65. Caldiz DO, Struik PC. (1999). Survey of potato production and possible yield constraints in Argentina. *Potato Res*; 42: 51-71.
66. Cameán A, López-Artíguez M, Roca I, Herce-Pagliali C, Menéndez M, Reppeto M. (1998). Determination of cobalt, manganese and alcohol content in beer. *J Food Prot*; 61: 12-131.
67. Casañas R, Suárez P, Rodríguez E, Díaz C. (2002). Contribución a la ingesta de nutrientes en la población canaria por el consumo de papas. *Aliment Equipos Tecnol*; 172: 95-99.
68. Casañas R, González M, Rodríguez E, Marrero A, Díaz C. (2002). Chemometric studies of chemical compounds in five cultivars of potatoes from Tenerife. *J Agric Food Chem*; 50: 2076-2082.
69. Casañas R, Suárez P, Rodríguez E, Díaz C. (2003a). Mineral concentrations in cultivars of potatoes. *Food Chem*; 83: 247-253.
70. Casañas R, Rodríguez E, Díaz C. (2003b). Effects of current storage conditions on nutrient retention in several varieties of potatoes from Tenerife. *Food Chem*; 80: 445-450.

71. Cashman KD. (2002). Calcium intake, calcium bioavailability and bone health. *Br J Nutr*; 87 Suppl 2: S169-S177.
72. Chan S, Gerson B, Subramaniam S. (1998). The role of copper, molybdenum, selenium, and zinc in nutrition and health. *Clin Lab Med*; 18: 673-685.
73. Chay-Prove P, Goebel R. (2004). Taro: The plant. Department of Primary Industries and Fisheries Note. Queensland Government Australia. www.dpi.qld.gov.au/horticulture. Acceso 25/10/2011.
74. Chen C, Huang D, Liu J. (2009). Functions and toxicity of nickel in plants: recent advances and future prospects. *Clean*; 37: 304-313.
75. Chojnacka K, Chojnacki A, Górecka H, Górecki H. (2005). Bioavailability of heavy metals from polluted soils to plants. *Sci Total Environ*; 337: 175-182.
76. Chukwuma C. (1995a). Evaluating baseline data for copper, manganese, nickel and zinc in rice, yam, cassava and guinea grass from cultivated soils in Nigeria. *Agric Ecosyst Environ*; 53: 47-61.
77. CIP (Centro Internacional de la Papa). 1999. La batata en cifras: Producción, utilización, consumo, alimentación. <http://www.citpotato.org/sweetpotato/facts/>. Acceso 12/02/2011.
78. Cuervo M, Corbalán M, Cabrerizo L, Formiguera X, Iglesias C, Lorenzo H, Polanco I, Quiles J, Romero de Ávila MD, Russolillo G, Villarino A, Alfredo-Martínez J. (2009). Comparativa de las Ingestas Dietéticas de Referencia (IDR) de los distintos países de la Unión Europea, de Estados Unidos (EEUU) y de la Organización Mundial de la Salud (OMS). *Nutr Hosp*; 24: 384-414.
79. Czajka-Narins D.M. (1995). Minerales. En: Mahan LK, Arlin MT, eds. *Nutrición y dietoterapia*. Mc Graw-Hill Interamericana. México: 109-142.
80. Czuba M, Hutchinson TC. (1980). Copper and lead levels in crops and soils of the Holland Marsh Area-Ontario. *J Environ Qual*; 9: 566-574.
81. Dabeka RW, McKenzie AD. (1992). Total diet study of lead and cadmium in food composites: preliminary investigations. *J AOAC Int*; 75: 386-394.
82. Dabeka RW, McKenzie AD. (1995). Survey of lead, cadmium, fluoride, nickel, and cobalt in food composites and estimation of dietary intakes of these elements by Canadians in 1986-1988. *J AOAC Int*; 78: 897-909.

83. Da-Col JA, Domene SMA, Pereira-Filho ER. (2009). Fast determination of Cd, Fe, Pb and Zn in food using AAS. *Food Anal Meth*; 2: 110-115.
84. Dapcich V, Troglia T. (2006). Frutas y verduras tropicales y autóctonas de Latinoamérica. En: Aranceta J, Pérez C, Serra L, Ortega RM, eds. *Frutas, verduras y salud*. Masson. Barcelona: 159-186.
85. De Meeûs C, Eduljee GH, Hutton M. (2002). Assessment and management of risks arising from exposure to cadmium in fertilisers I. *Sci Total Environ*; 291: 167-187.
86. 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.
87. Dolan SP, Capar SG. (2002). Multi-element analysis of food by microwave digestion and inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. *J Food Compos Anal*; 15: 593-615.
88. Domek JM, Cantelo WW, Wagner RM, Li BW, Miller-Ihli NJ. (1995). Nutritional composition of potato Foliage. *J Agric Food Chem*; 43: 1512-1515.
89. Duffus JH. (2002). Heavy metals- a meaningless term?. *Pure Appl Chem*; 74: 793-807.
90. Dugo G, La Pera L, Lo Turco V, Giuffrida D, Restuccia S. (2004). Determination of copper, zinc, selenium, lead and cadmium in potatoes (*Solanum tuberosum L.*) using potentiometric stripping methods. *Food Addit Contam*; 21: 649-657.
91. Dudka S, Miller WP. (1999). Accumulation of potentially toxic elements in plants and their transfer to human food chain. *J Environ Sci Health B*; 34: 681-708.
92. Dunbar KR, Mc Laughlin MJ, Reid RJ. (2003). The uptake and partitioning of cadmium in two cultivars of potato (*Solanum tuberosum L.*). *J Exp Bot*; 54: 349-354.
93. Dürüst N, Sümengen D, Dürüst Y. (1997). Ascorbic acid and element contents of foods of Trabzon (Turkey). *J Agric Food Chem*; 45: 2085-2087.

94. Dybczynski R. (2002). Preparation and use of reference materials for quality assurance in inorganic trace analysis. *Food Addit Contam*; 19: 928-938.
95. EAC (Estadística Agraria de Canarias). (2009). Gobierno de Canarias. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. En: <http://www.gobcan.es/agricultura/doc/otros/estadística/resumen/EstadisticaAgraria2009.pdf>. Acceso 10/01/2011.
96. EFSA (European Food Safety Authority). (2010). Scientific opinion on lead in food. *EFSA J*; 8: 1570.
97. EFSA (European Food Safety Authority). (2011). Statement on tolerable weekly intake for cadmium. *EFSA J*; 9: 1975.
98. Ekholm P, Reinivuo H, Mattila P, Pakkala H, Koponen J, Happonen A, Hellström J, Ovaskainen M. (2007). Changes in the mineral and trace element contents of cereals, fruits and vegetables in Finland. *J Food Compos Anal*; 20: 487-495.
99. Ellen G, Van Loon JW, Tolsma K. (1990). Heavy metals in vegetables grown in the Netherlands and in domestic and imported fruits. *Z Lebensm Forsch*; 190: 34-39.
100. Elinder CG, Jarup L. (1996). Cadmium exposure and health risks: Recent findings. *Ambio*; 25: 370-373.
101. Elmadfa I, Aign W, Muskat E, Fritzsche D, Cremer H. (1998). *La gran guía de la composición de los alimentos*. Ediciones Integral. Barcelona.
102. ENCA. (2000). Hábitos alimentarios y consumo de alimentos. Encuesta Nutricional de Canarias. Servicio Canario de Salud. Consejería de Sanidad y Consumo. Gobierno de Canarias.
103. Englberger L, Schierle J, Kraemer K, Aalbersberg W, Dolodolotawake U, Humphries J, Graham R, Reid AP, Lorens A, Albert K, Levendusky A, Johnson E, Paul Y, Sengebau F. (2008). Carotenoids and mineral content of Micronesian giant swampy taro (*Cyrtosperma*) cultivars. *J Food Compos Anal*; 21: 93-106.
104. Ereifej KI, Shibli RA, Ajlouni MM, Hussein A. (1997). Chemical composition variations of tissues and processing: characteristics in ten potato cultivars grown in Jordan. *Am J Potato Res*; 74: 23-30.

105. Ereifej KI. (1998). Mineral content of whole tubers and selected tissues of ten potato cultivars growth in Jordan. *J Food Sci Technol*; 35: 55-58.
106. Essumang DK, Dodoo DK, Obiri S, Yaney JY. (2007). Arsenic, cadmium, and mercury in cocoyam (*Xanthosoma sagittolium*) and watercocoyam (*Colocasia esculenta*) in Tarkwa a mining community. *Bull Environ Contam Toxicol*; 79: 377-379.
107. Fairweather-Tait SJ. (1983). Studies on the availability of iron in potatoes. *Br J Nutr*; 50: 15-23.
108. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (1993). Evaluation of certain food additives and contaminants. Forty-first Report of Joint FAO/WHO Committee on Food Additives, Geneva, Switzerland.
109. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (1997). Application of Risk Management to Food Safety Matters. Report of the Joint FAO/WHO Expert Consultation. FAO Food and Nutrition, 65. Roma.
110. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (1999). Joint FAO/WHO expert committee on food additives. Summary and conclusions. Fifty-third Meeting, Roma.
111. FAOSTAT (2009). Potato World: World Potato Production. En: <http://www.potato2009.org/en/world/index.html>. Acceso 15/04/2011.
112. Farinu A, Baik O. (2007). Heat transfer coefficients during deep fat frying of sweetpotato: Effects of product size and oil temperature. *Food Res Int*; 40: 989-994.
113. Farrán A, Zamora R, Cerveza P. (2004). Tablas de composición de alimentos del CESNID. McGraw-Hill Interamericana. Barcelona.
114. Fernández I, Mateos CJ, Aguilar MV, Martínez MC. (2007). Ingesta diaria de níquel entre jóvenes españoles. Valoración del riesgo toxicológico. *Rev. Toxicol*; 24: 10-13.
115. Ferreira KS, Gomes JC, Chaves JBP. (2005). Copper content of commonly consumed food in Brazil. *Food Chem*; 92: 29-32.
116. Ferrer A. (2003). Intoxicación por metales. *Anales Sis San Navarra*; 26: 141-153.
117. FESNAD (Federación Española de Sociedades de Nutrición, Alimentación y Dietética). (2010). Ingestas dietéticas de Referencia (IDR) para la población española. EUNSA. Navarra.

118. Finotti E, Bertone A, Vivanti V. (2006). Balance between nutrients and anti-nutrients in nine Italian potato cultivars. *Food Chem*; 99: 698-701.
119. Friedman M. (2006). Potato glycoalkaloids and metabolites: roles in the plant and in the diet. *J Agric Food Chem*; 54: 8655-8681.
120. Galal-Gorchev H. (1993). Dietary intake, levels in food and estimated of lead, cadmium, and mercury. *Food Addit Contam*; 10: 115-128.
121. García I, Dorronsoro C. (2001). Contaminación por metales pesados. En: <http://www.edafologia.urg.es/Conta/Tema15/html>. Acceso 15/04/2009.
122. GEVIC. (2012). Gran Enciclopedia de las Islas Canarias. Naturaleza y Cultura. En: <http://www.gevic.net/index.php>. Acceso 12/04/12.
123. Giacomo F, Signore A, Giaccio M. (2007). Determining the geographic origin of potatoes using mineral and trace element content. *J Agric Food Chem*; 55: 860-866.
124. Gichner T, Patková Z, Szakova J, Demnerová K. (2006). Toxicity and DNA damage in tobacco and potato plants growing on soil polluted with heavy metals. *Ecotox Environ Saf*; 65: 420-426.
125. Gil J (1997). El cultivo tradicional de la papa en la isla de Tenerife. Asociación Granate. La Laguna.
126. Gilsenan C, Burke RM, Barry-Ryan C. (2010). A study of the physicochemical and sensory properties of organic and conventional potatoes (*Solanum tuberosum*) before and after baking. *Int J Food Sci Technol*; 45: 475-481.
127. Golia EE, Dimirkou A, Mitsios IK. (2008). Influence of some soil parameters on heavy metals accumulation by vegetables grown in agricultural soils of different soil orders. *Bull Environ Contam Toxicol*; 81: 80-84.
128. González MJ, Mesenguer I, Mateos CJ. (2009). Elementos ultratrazas ¿Nutrientes o tóxicos?. *Toxicol Rev*; 26: 93-103.
129. González-Soto E, González-Rodríguez V, López-Suárez C, Castro-Romero JM, Pérez-Iglesias J, Fernández-Solís JM. (2000). Migration of lead and cadmium from ceramic materials used in food preparation. *Bull Environ Contam Toxicol*; 65: 598-603.

130. González-Weller D, Rubio C, Revert C, Hardisson A. (2004). La toxicología del cromo (Cr^{6+}). Higia (Revista del Colegio Oficial de Farmacéuticos de Santa Cruz de Tenerife); 38: 6-9.
131. Grusak MA, DellaPenna D. (1999). Improving the nutrient composition of plants to enhance nutrition and health. Annu Rev Plant Phys; 50: 133-161.
132. Gupta UC, Gupta SC. (1998). Trace element toxicity relationships to crop production and the livestock and human health: Implications for management. Commun Soil Sci Plant Anal; 29: 1491-1522.
133. Gutiérrez AJ, González-Weller D, González T, Burgos A, Lozano G, Hardisson A. (2008). Content of trace metals (iron, zinc, manganese, chromium, copper, nickel) in canned variegated scallops (*Chlamys varia*). Int J Food Sci Nutr; 59: 535-543.
134. Guttormsen G. (1990). Cadmium and lead levels in Norwegian vegetables. Norweg J Agric Sci; 4: 95-101.
135. Gzyl J. (1990). Lead and cadmium contamination of soil and vegetables in the upper Silesia region of Poland. Sci Total Environ; 96: 199-209.
136. Hägg M, Häkkinen U, Kumpulainen J, Ahvenainen R, Hurme E. (1998). Effects of preparation procedures, packaging and storage on nutrient retention in peeled potatoes. J Sci Food Agric; 77: 519-526.
137. Hardisson A, Rubio C, Báez A, Martín MM, Álvarez R. (2001a). Mineral composition of the papaya (*Carica papaya* variety Sunrise) from Tenerife Island. Eur Food Res Technol; 212: 175-181.
138. Hardisson A, Rubio C, Báez A, Martín MM, Álvarez R. (2001b). Mineral composition in four varieties of avocado (*Persea gratissima*, L.) from island of Tenerife. Eur Food Res Technol; 213: 225-230.
139. Hardisson A, Rubio C, Baez A, Martín M, Álvarez R, Díaz E. (2001c). Mineral composition of the banana (*Musa acuminata*) from the island of Tenerife. Food Chem; 73: 153-161.
140. Hawkes JG. (1992). History of potato. En: Harris PM, ed. The potato crop. Ediciones Chapman & Hall. Londres.
141. Hernández C, Luis G, Moreno I, Cameán A, Castillas A, Gutiérrez AJ, Rubio C, Hardisson A. (2012). Differentiation of mangoes (*Mangifera indica* L.) conventional and organically cultivated according to their mineral content by using support vector machines. Talanta; 97: 325-330.

142. Hellström L, Persson B, Brudin L, Grawé KP, Öborn I, Järup L. (2007). Cadmium exposure pathways in a population living near a battery plant. *Sci Total Environ*; 373: 447-455.
143. Hernández P. (2003). *Natura y cultura de las Islas Canarias*. Ediciones Tafor. Tenerife.
144. Hijmans, R.J. (2001). Global distribution of the potato crop. *Am J Potato Res*; 78: 403-412.
145. Hijmans RJ, Spooner DM. (2001). Geographic distribution of wild potato species. *Am J Bot*; 88: 2101-2112.
146. Hijmans RJ. (2003). The effect of climate change on global potato production. *Am J Potato Res*; 80: 271-280.
147. Hirschi KD. (2009). Nutrient biofortification of food crops. *Annu Rev Nutr*; 29: 1-21.
148. Hou X, Zhang Y, Chai C, Liu G, Wang K, Quian Q. (1997). A study of six elements daily dietary intake of Chinese people. *J Radioanal Nucl Chem*; 222: 165-170.
149. Howe A, Hoo Fung L, Lalor G, Rattray R, Vutchkov M. (2005). Elemental composition of Jamaican foods 1: A survey of five food crop categories. *Environ Geochem Health*; 27: 19-30.
150. Huaman Z. (1992). *Systematic botany and morphology of the sweetpotato plant*. CIPs Technical Information Bulletin. Perú.
151. Huang AS, Titchenal CA, Meilleur BA. (2000). Nutrient composition of taro corms and breadfruit. *J Food Compos Anal*; 13: 859-864.
152. IMO (Institute of Medicine, Food and Nutrition Board). (2001). *Dietary reference intakes for arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc*. National Academy Press. Washington, DC: 29-43.
153. Ishida H, Suzuno H, Sugiyama N, Innami S, Tadokoro T, Maekkawa A. (2000). Nutritive evaluation on chemical components of leaves, stalks and stems of sweet potatoes (*Ipomoea batatas* *poir*). *Food Chem*; 68: 359-367.
154. Islam E, Yang X, He Z, Mahmood Q. (2007). Assessing potential dietary toxicity of heavy metals in selected vegetables and food crops. *J Zhejiang Uni Sci B*; 8: 1-13.

155. Ismail BS, Farihah K, Khairiah J. (2005). Bioaccumulation of heavy metals in vegetables from selected agricultural areas. *Bull Environ Contam Toxicol*; 74: 320-327.
156. ISTAC (2009). Instituto Canario de Estadística. Consejería de Economía y Hacienda. Gobierno de Canarias.
157. IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry). (1995). Nomenclature in evaluation of analytical methods including detection and quantification capabilities. *Pure Appl Chem*; 67: 1699-1723.
158. Iyengar GV, Kawamura H, Parr RM, Miah FK, Wang JX, Dang HS, Djojsubroto H, Cho SY, Akher P, Natera ES, Nguyen MS. (2002). Dietary intake of essential minor and trace elements from Asian diets. *Food Nutr Bull*; 23: 124-128.
159. Jarüp L. (2003). Hazards of heavy metals contamination. *Br Med Bull*; 68: 167-182.
160. Jemison JM, Sexton P, Ellen Camire M. (2008). Factors influencing consumer preference of fresh potato varieties in Maine. *Am J Potato Res*; 85: 388-389.
161. Jiménez ME, Rossi AM, Sammán NC. (2008). Phenotypic, agronomic, nutritional characteristics of seven varieties of Andean potatoes. *J Food Compos Anal*; 22: 613-616.
162. Jiménez A, Cerveza R, Bacordí M. (1997). Tablas de composición de alimentos. Sandoz Nutrition. Barcelona.
163. Jinadasa KBPN, Milham PJ, Hawkins CA, Cornish PS, Williams PA, Kaldor CJ, Conroy JP. (1997). Heavy metals in the environment. Survey of cadmium levels in vegetables and soils of greater Sydney, Australia. *J Environ Qual*; 26: 924-933.
164. Jodral-Segado AM, Navarro-Alarcón M, López de la Serrana H, López-Martínez MC. (2003). Magnesium and calcium contents in foods from SE Spain: influencing factors and estimation of daily dietary intakes. *Sci Total Environ*; 312: 47-58.
165. Jorhem L. (2000). Determination of metals in foods by atomic absorption spectrometry after dry ashing: NMKL Collaborative study. *J AOAC Int*; 83: 1204-1211.

166. Kaack K, Larsen E, Thybo AK. (2002). The influence of mechanical impact and storage conditions of subsurface hardening in pre-peeled potatoes (*Solanum tuberosum L.*). Potato Res; 45: 1-8.
167. Kawakami J, Iwama K, Jitsuyama Y. (2006). Soil water stress and the growth and yield of potato plants grown from microtubers and conventional seed tubers. Field Crop Res; 95: 89-96.
168. Khan S, Cao Q, Zheng YM, Huang YZ, Zhu YG. (2008). Health risks of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with wastewater in Beijing, China. Environ Pollut; 152: 686-692.
169. Krebs RE. (2006). The history and use of our earth's chemical elements: A reference guide. Greenwood Press. Estados Unidos.
170. Krelowska-Kulas M. (1993). Determination of level of certain trace elements in vegetables in differently contaminated regions. Die Nahrung; 37: 456-462.
171. Kristufek V, Divis J, Dostalkova I, Kalcik J. (2000). Accumulation of mineral elements in tuber periderm of potato cultivars differing in susceptibility to common scab. Potato Res; 43: 107-114.
172. Kroes R, Müller D, Lambe J, Löwik MRH, Van Klaveren J, Kleiner J, Massey R, Mayer S, Urieta I, Verger P, Visconti A. (2002). Assessment of intake from diet. Food Chem Toxicol; 40: 327-385.
173. Lachman J, Hamouz K, Orsak M, Pivec V. (2000). Potato tubers as a significant source of antioxidants in human nutrition. Rostl Vyr; 46: 231-236.
174. Larsen EH, Andersen NL, Moller A, Petersen A, Mortensen GK, Petersen J. (2002). Monitoring the content and intake of trace elements from food in Denmark. Food Addit Contam; 19: 33-46.
175. Leblanc JC, Guérin T, Noël L, Calamassi-Tran G, Volatier JL, Verger P. (2005). Dietary exposure estimates of 18 elements from the 1st French Total Diet Study. Food Addit Contam; 22: 624-641.
176. Lebot V, Malapa R, Molisale T, Marchand JL. (2006). Physico-chemical characterization of yam (*Dioscorea alata L.*) tubers from Vanuatu. Genet Resour and Crop Evol; 53: 1199-1208.

177. Lebot V, Champagne A, Malapa R, Shiley D. (2009). NIR Determination of Major Constituents in Tropical Root and Tuber Crop Flours. *J Agric Food Chem*; 57: 10539-10547.
178. Lebot V. (2010). Sweet potato. En: Bradshaw JE, ed. *Root and tuber crops, handbook of plant breeding*. Springer. Reino Unido: 97-125.
179. Leo L, Leone A, Longo C, Lombardi DA, Raimo F, Zacheo G. (2008). Antioxidant compounds and antioxidant activity in early potatoes. *J Agric Food Chem*; 56: 4154-4163.
180. Lendinez E, Lorenzo ML, Cabrera C, López MC. (2001). Chromium in basic foods of the Spanish diet: seafood, cereals, vegetables, olive oils and dairy products. *Sci Total Environ*; 278: 183-189.
181. Leterme P, Buldgen A, Estrada F, Londoño AM. (2006). Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and the rain forest of Colombia. *Food Chem*; 95: 644-652.
182. Lewu MN, Adebola PO, Afolayan AJ. (2010). Effect of cooking on the mineral contents and anti-nutritional factors in seven accessions of *Colocasia esculenta* (L.) Schott growing in South Africa. *J Food Compos Anal*; 23: 389-393.
183. Lister C, Monro J. (2000). La nada humilde papa. En: <http://www.redepapa.org/boletinveintinueve.html>. Acceso 21/08/2009.
184. Liu Q, Tarn R, Lynch D, Skjoldt NM. (2007). Physicochemical properties of dry matter and starch from potatoes grown in Canada. *Food Chem*; 105: 897-907.
185. Llobet JM, Falcó G, Casas C, Teixidó A, Domingo L. (2003). Concentrations of arsenic, cadmium, Mercury, and lead in common foods and estimated daily intake by children, adolescents, adults, and seniors of Catalonia, Spain. *J Agric Food Chem*; 51: 838-842.
186. Logan TJ, Goins LE, Lindsay BJ. (1997). Field assessment of trace element uptake by six vegetables from N-viro soil. *Water Environ Res*; 69: 28-33.
187. López-Artiguez M, Repetto M. (1995). Estado actual de la toxicología del cadmio. En: Repetto M, ed. *Toxicología Avanzada*. Díaz de Santos. Madrid: 393-423.

188. Love SL, Pavek JJ. (2008). Positioning the potato as a primary food source of vitamin C. *Am J Potato Res*; 85: 277-285.
189. Lowe NM. (2005). In search of a reliable marker of zinc status-are we nearly there yet?. *Nutrition*; 21: 883-884.
190. Lucho-Constantino CA, Prieto-García F, del Razo LM, Rodríguez-Vázquez R, Poggi-Varaldo HM. (2005). Chemical fractionation of boron and heavy metals in soils irrigated with wastewater in central Mexico. *Agric Ecosyst Environ*; 108: 57-71.
191. Luis G, Rubio C, González-Weller D, Gutiérrez AJ, Hardisson A, Revert C. (2011). Comparative study of the mineral composition of several varieties of potatoes (*Solanum tuberosum L.*) from different countries cultivated in Canary Islands (Spain). *Int J Food Sci Technol*; 46: 774-780.
192. Luis G, Hernández C, Rubio C, González-Weller D, Gutiérrez A, Revert C, Hardisson A. (2012). Trace elements and toxic metals in intensively produced tomatoes (*Lycopersicon esculentum*). *Nutr Hosp*; 27: 1605-1609.
193. Maiga A, Diallo D, Bye R, Paulsen BS. (2005). Determination of some toxic and essential metal ions in medicinal and edible plants from Mali. *J Agric Food Chem*; 53: 2316-2321.
194. Mansour SA, Belal MH, Abou-Arab AK, Ashour HM, Gad MF. (2009). Evaluation of some pollutant levels in conventionally and organically farmed potato tubers and their risks to human health. *Food Chem Toxicol*; 47: 615-624.
195. Mataix-Verdú J, Mañas-Almendro M, Llopis González J, Martínez de Victoria-Muñoz E, Sánchez JJ, Borregón-Martínez A. (1998). Tabla de composición de alimentos españoles. Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos. Granada.
196. Mataix J, Llopis J. (2002). Minerales. En: Mataix J, ed. *Nutrición y alimentación humana. I. Nutrientes y alimentos*. Ergón. Madrid: 211-246.
197. Mcanuff MA, Omoruyi FO, Sótelo-López A, Asemota HN. (2005). Proximate analysis and some antinutritional factor constituents in selected varieties of Jamaican yams (*Dioscorea and Rajana spp.*). *Plant Food Hum Nutr*; 60: 93-98.

198. McLaughlin MJ, Parker DR, Clarke JM. (1999). Metals and micronutrients-food safety issues. *Field Crop Res*; 60: 143-163.
199. Mench MJ. (1998). Cadmium availability to plants in relation to major long-term changes in agronomy systems. *Agric Ecosyst Environ*; 67: 175-187.
200. Milacic R, Kralj B. (2003). Determination of Zn, Cu, Cd, Pb, Ni and Cr in some Slovenian foodstuffs. *Eur Food Res Technol*; 217: 211-214.
201. Mohamed AE, Rashed MN, Mofty A. (2003). Assessment of essential and toxic elements in some kinds of vegetables. *Ecotox Environ Saf*; 55: 251-260.
202. Mondy NI, Naylor LM, Philips JC. (1984). Total glycoalkaloid and mineral content of potatoes grown in soils amended with sewage sludge. *J Agric Food Chem*; 32: 1256-1260.
203. Monge J, Pérez JA. (1995). El ñame. Aspectos generales y su cultivo en Canarias. Centro de la Cultura Popular Canaria. La Laguna.
204. Montes AI, Oropeza RA, Díaz C, Rodríguez EM, Arias JJ. (2010). Composición mineral y comparación de raíces reservantes de variedades de batatas (*Ipomoea batatas (L.) Lam*) cultivadas en la isla de La Palma, España. *RVCTA (Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de los Alimentos)*; 1: 1-19.
205. Moorthy SN. (2002). Physicochemical and functional properties of tropical tuber starches: a review. *Starch/Stärke*; 54: 559-592.
206. Moreiras O, Carbajal A, Cabrera L. (1998). Tablas de composición de los alimentos. Ediciones Pirámide S.A. Salamanca.
207. Moreiras O, Carbajal A, Cabrera L, Cuadrado C. (2006). Tablas de composición de alimentos. Ediciones Pirámide S.A. Madrid.
208. Mosha TCE, Laswai HS, Tetens I. (2000). Nutritional composition and micronutrient status home made and commercial weaning foods consumed in Tanzania. *Plant Food Hum Nutr*; 55: 185-205.
209. Munshi CB, Cary EE, Mondy NI. (1993). The effect of soil entrapment by the periderm on the mineral element composition of potatoes. *J Food Qual*; 16: 45-55.
210. Muñoz O, Bastias JM, Araya M, Morales A, Orellana C, Rebolledo R, Velez D. (2005). Estimation of the dietary intake of cadmium, lead,

- mercury, and arsenic by the population of Santiago (Chile) using a total diet study. *Food Chem Toxicol*; 43: 1647-1655.
211. Nabulo G, Oryem-Origa H, Diamond M. (2006). Assessment of lead, cadmium, and zinc contamination of roadside soils, surface films, and vegetables in Kampala city, Uganda. *Environ Res*; 101: 42-52.
212. Namiesnik J. (2002). Trace analysis-Challenges and problems. *Crit Rev Anal Chem*; 32: 271-300.
213. Nasreddine L, Nashalian O, Naja F, Itani L, Parent- Massin D, Nabhani-Zeidan M, Hwalla N. (2010). Dietary exposure to essential and toxic trace elements from a total diet study in an adult Lebanese urban population. *Food Chem Toxicol*; 48: 1262-1269.
214. New SA. (2003). Intake of fruit and vegetables: implications for bone health. *Proc Nutr Soc*; 62: 889-899.
215. Nielsen FH. (2000). Importance of making dietary recommendations for elements designated as nutritionally beneficial, pharmacologically beneficial, or conditionally essential. *J Trace Elem Exp Med*; 13: 113-129.
216. Noël L, Leblanc JC, Guérin T. (2003). Determination of several elements in duplicate meals from catering establishments using closed vessel microwave digestion with inductively couple plasma mass spectrometry detection: estimation of daily dietary intake. *Food Addit Contam*; 20: 44-56.
217. Öborn I, Jansson G, Johnsson L. (1995). A field study on the influence of soil pH on trace element levels in spring wheat (*Triticum aestivum*), potatoes (*Solanum tuberosum*) and carrots (*Daucus carota*). *Water Air Soil Pollut*; 85: 835-840.
218. Olivares M, Pizarro F, De Pablo S, Araya M, Uauy R. (2004). Iron, zinc, and copper: contents in common Chilean foods and daily intakes in Santiago, Chile. *Nutrition*; 20: 205-212.
219. Okoye C. (2001). Trace metal concentrations in Nigerian fruits and vegetables. *Int J Environ Stud*; 58: 501-509.
220. Oluwatooyin F, Osundahunsi TN, Fagbemi EK, Eyal S. (2003). Comparison of the physicochemical properties and pasting characteristics of flour and starch from red and white sweet potato cultivars. *J Agric Food Chem*; 51: 2232-2236.

221. Onianwa PC, Lawal JA, Ogunkeye AA, Orejimi BM. (2000). Cadmium and nickel composition of Nigerian foods. *J Food Compos Anal*; 13: 961-969.
222. Onianwa PC, Adeyemo AO, Idowu OE, Ogabiela EE. (2001). Copper and zinc contents of Nigerian foods and estimates of the adult dietary intakes. *Food Chem*; 72: 89-95.
223. Onwueme I. (1999). Taro cultivation in Asia and the Pacific. RAP Publication. Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific. Bangkok.
224. Orech FO, Christensen DL, Larsen T, Friis H, Aagaard-Hansen J, Estambale BA. (2007). Mineral content of traditional leafy vegetables from western Kenya. *Int J Food Sci Nutr*; 58: 595-602.
225. Ortega RM, Basabe B, López AM. (2006). Frutas, hortalizas y verduras. En: Aranceta J, Pérez C, Serra L, Ortega RM, eds. *Frutas, verduras y salud*. Masson. Barcelona: 1-18.
226. Özden O. (2010). Micro, macro mineral and proximate composition of Atlantic bonito and horse mackerel a monthly differentiation. *Int J Food Sci Technol*; 45: 578-586.
227. Padín PM, Peña RM, García S, Iglesias R, Barro S, Herrero C. (2001). Characterization of Galician (N.W. Spain) quality brand potatoes: a comparison study of several pattern recognition techniques. *Analyst*; 126: 97-103.
228. Page V, Feller U. (2005). Selective transport of zinc, manganese, nickel, cobalt and cadmium in the root system and transfer to the leaves in young wheat plants. *Ann Bot*; 96: 425-434.
229. Pelczar R. (2007). The sweetest potatoes. *Mother Earth News*; April/May: 110-114.
230. Perdomo AC. (2000). Los manantiales de ñames (*Colocasia esculenta*) de Anaga (Tenerife). *El Pajar. Cuadernos de Etnografía Canaria*; 7: 36-41.
231. Perdomo AC. (2010). El consumo tradicional de los ñames. *Mundo Rural de Tenerife*; 8: 18-19.
232. Peris M, Micó C, Recatalá L, Sánchez R, Sánchez J. (2007). Heavy metal contents in horticultural crops of a representative area of the European mediterranean región. *Sci Total Environ*; 378: 42-48.

233. Peterson PJ. (1995). Assessment of exposure to chemical contaminants in water and food. *Sci Total Environ*; 168: 123-129.
234. Picha DH. (1985). Crude protein, minerals, and total carotenoids in sweet potatoes. *J Food Sci*; 50: 1768-1769.
235. Pilgrim W, Schroeder B. (1997). Multi-media concentrations of heavy metals and major ions from urban and rural sites in new Brunswick, Canada. *Environ Monit Assess*; 47: 89-108.
236. Piotrowska M, Kabata-Pendias A. (1997). Impact of soils amended with Zn and Pb smelter dust on Cd concentrations in potatoes. *J Geochem Explor*; 58: 319-322.
237. Prieto Méndez J, González Ramírez CA, Román Gutiérrez AD, Prieto García F. (2009). Contaminación y fototoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Trop Subtrop Agroecosyst*; 10: 29-44.
238. Queirolo F, Stegen S, Restovic M, Paz M, Ostapczuk P, Schwuger MJ, Muñoz L. (2000). Total arsenic, lead and cadmium levels in vegetables cultivated at the Andean villages of northern Chile. *Sci Total Environ*; 255: 75-84.
239. Rahlenbeck SI, Burbeg A, Zimmerman RD. (1999). Lead and cadmium in Ethiopian vegetables. *Bull Environ Contam Toxicol*; 62: 30-33.
240. Ramakrishna A, Bailey JS, Krirchhof G. (2009). A preliminary diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) model for diagnosing the nutrient status of sweet potato (*Ipomoea batatas*). *Plant Soil*; 316: 107-116.
241. Ravindran V, Ravindran G, Sivakanesan R, Rajaguru SB. (1995). Biochemical and nutritional assessment of tubers from 16 cultivars of sweet potato (*Ipomoea batatas L.*). *J Agric Food Chem*; 43: 2646-2651.
242. Real F, Machín AJ. (2006). El cultivo de la batata. Ensayo con aguas depuradas en el municipio de San Bartolomé Lanzarote. Ediciones Benchomo S.L. Tenerife. España.
243. Reglamento (CE) 1881/2006 de la Comisión de
244. Reid RJ, Dunbar KR, McLaughlin MJ. (2003). Cadmium loading into potato tubers: the roles of the periderm, xylem and phloem. *Plant Cell Environ*; 26: 201-206.

245. Renwick AG. (2006). Understanding Tolerable Upper Intake Levels. Toxicology of micronutrients: Adverse effects and un certainty. *J Nutr*; 136: S493-S501.
246. Ríos D. (2012). Las papas antiguas de Tenerife. Introducción al cultivo y principales variedades. Centro Consevación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife. Cabildo de Tenerife.
247. Roca A, Cabrera C, Lorenzo ML, López MC. (2001). Contenido de plomo y cadmio en aceites de girasol. *Grasas Aceites*; 52: 229-234.
248. Rodríguez MA, Navarro M, Cabrera C, López MC. (2001). Elementos tóxicos en alimentos, bebidas y envases. *Alimentaria*; mayo: 23-30.
249. Rojas E, Herrera LA, Poirier LA, Ostrosky-Wegman P. (1999). Are metals dietary carcinogens?. *Mut Res*; 443: 157-181.
250. Roychowdhury T, Tokunaga H, Ando M. (2003). Survey of arsenic and other heavy metals in food composites and drinking water and estimation of dietary intake by the villagers from an arsenic-affected area of West Bengal, India. *Sci Total Environ*; 308: 15-35.
251. Rubio C, Frías I, Hardisson A. (1999). Toxicología del plomo y su presencia en los alimentos. *Alimentaria*; Septiembre: 77-85.
252. Rubio C, Gutiérrez AJ, Martín-Izquierdo RE, Lozano G, Hardisson A. (2004). El cadmio como contaminante alimentario. *Alimentaria*; 41-45.
253. Rubio C, González-Weller D, Alonso S, Revert C, Hardisson A. (2004). Zn, Mn, Cu, Se, Cr: Nutrición y suplementación. *Alimentaria*; Mayo: 37-45.
254. Rubio C, González-Weller D, Alonso S, Revert C, Hardisson A. (2004). Aspectos nutricionales del calcio, hierro y fósforo. *Alimentaria*; Mayo: 31-35.
255. Rubio C, González-Iglesias T, Revert C, Reguera JI, Gutiérrez AJ, Hardisson A. (2005). Lead dietary intake in a Spanish population (Canary Islands). *J Agric Food Chem*; 53: 6543-6549.
256. Rubio C, Hardisson A, Reguera JI, Revert C, Lafuente MA, González-Iglesias T. (2006). Cadmium dietary intake in the Canary Islands, Spain. *Environ Res*; 100: 123-129.
257. Rubio C, Gutiérrez AJ, Revert C, Reguera JI, Burgos A, Hardisson A. (2009). Daily dietary intake of iron, copper, zinc and manganese in a Spanish population. *J Food Sci Nutr*; 60: 590-600.

258. Rubio C, Lucas JRD, Gutiérrez AJ, González-Weller D, Pérez B, Caballero JM, Revert C, Hardisson A. (2012). Evaluation of metal concentrations in mentha herbal teas (*Mentha piperita*, *Mentha pulegium* and *Mentha species*) by inductively coupled plasma spectrometry. J Pharmaceut Biomed; 71: 11-17.
259. Ruíz de Galarreta JI, Pascualena J, Legorburu FJ, Barandilla L, Ritter E. (2006). The history of potato (*Solanum tuberosum* L.). Research in Spain. Potato Res; 49: 19-25.
260. Rumeza H, Zafar I, Mudassar I, Shaheena H, Masooma R. (2006). Use of vegetables as nutritional food: role in human health. J Agric Biol Sci; 1: 18-22.
261. Salgueiro MJ, Zubillaga M, Lysionek A, Sarabia MI, Caro R, Paoli TD, Hager A, Weill R, Boccio J. (2000). Zinc as an essential micronutrient: a review. Nutr Res; 20: 737-755.
262. Sánchez CP, Dewey PJS, Aguirre A, Lara JJ, Vaca R, León de la Barra P, Ortiz M, Escamilla I, Philip W, James T. (1998). The mineral content of mexican fruits and vegetables. J Food Compos Anal; 11: 340-356.
263. Santos EE, Lauria DC, Porto da Silvema CL. (2004). Assessment of daily intake of trace elements due to consumption of foodstuffs adult inhabitants of Rio de Janeiro city. Sci Total Environ; 327: 69-79.
264. Sapunar-Postruznik J, Bazulic D, Kubala H, Balint L. (1996). Estimation of dietary intake of lead and cadmium in the general population of the Republic of Croatia. Sci Total Environ; 177: 31-35.
265. Scherz H, Kirchhoff E. (2006). Trace elements in foods: Zinc contents of raw foods-A comparison of data originating from different geographical regions of the world. J Food Compos Anal; 19: 420-433.
266. Schoeninger MJ, Bunn HT, Murray SS, Marlett JA. (2001). Composition of tubers used by hadza foragers of Tanzania. J Food Compos Anal; 14: 15-25.
267. Sekara A, Poniedzialek M, Ciura J, Jedrszczyk E. (2005). Cadmium and lead accumulation and distribution in the organs of nine crops: implications for phytoremediation. Pol J Environ Stud; 14: 509-516.
268. Senser F, Scherz H. (1999). Tablas de composición de los alimentos. El pequeño "Souci- Fachman-Kraut". Acribia. Zaragoza.

269. Serra-Majem L, Bartrina A. (2006). Requerimientos nutricionales e ingestas recomendadas: ingestas dietéticas de referencia. En: Serra-Majem L, Bartrina A, Mataix J, (eds). *Nutrición y Salud Pública: Métodos, bases científicas y aplicaciones*. Masson. Barcelona: 20-23.
270. Singh N, Kamath V, Rajini PS. (2005). Protective effect of potato peel powder in ameliorating oxidative stress in streptozotocin diabetic rats. *Plant Food Hum Nutr*; 60: 49-54.
271. Singh V, Garg AN. (2006). Availability of essential trace elements in Indian cereals, vegetables and spices using INAA and the contribution of spices to daily dietary intake. *Food Chem*; 94: 81-89.
272. Speijers GJ. (1999). Precision of estimates of an ADI (or TDI or PTWI). *Regul Toxicol Pharmacol*; 2: S87-S93.
273. Spire D, Rousselle P. (1999). Origen sociohistórico. En: Rousselle P, Robert Y, Crosnier JC, eds. *La patata*. Ediciones Mundiprensa. Madrid.
274. Stalikas CD, Maantalovas Ach, Pilidis GA. (1997). Multielement concentrations in vegetable species grown in two typical agricultural areas of Greece. *Sci Total Environ*; 206: 17-24.
275. Stoecker BJ. (1999). Chromium absorption, safety, and toxicity. *J Trace Elem Exp Med*; 12: 163-169.
276. Suárez P, Casañas R, Rodríguez EM, Díaz C. (2003). Importancia económica del cultivo de la papa. *Alimentaria*; 346: 77-79.
277. Subar AF, Krebs-Smith SM, Cook A, Kahle LL. (1998). Dietary sources of nutrients among US adults, 1989 to 1991. *J Am Diet Assoc*; 98: 537-547.
278. Tahvonen R, Kumpulainen J. (1995). Lead and cadmium in some berries and vegetables on the Finnish market in 1991-1993. *Food Addit Contam*; 12: 263-279.
279. Terrés C, Navarro M, Martín-Lagos F, Giménez R, López H, López MC. (2001). Zinc levels in foods from southeastern Spain: relationship to daily dietary intake. *Food Addit Contam*; 18: 687-695.
280. Treche S, Agbor-Egbe T. (1996). Biochemical changes occurring during growth and storage of two yam species. *Int J Food Sci Nutr*; 47: 93-102.
281. Tripathi RM, Raghunath R, Krishnamoor TM. (1997). Dietary intake of heavy metals in Bombay city, India. *Sci Total Environ*; 208: 149-159.

282. Torelm I, Danielsson R. (1998). Variations in major nutrients and minerals in Swedish foods: A multivariate, multifactorial approach to be effects of season, region, and chain. *J Food Compos Anal*; 11: 11-31.
283. Turconi G, Minoia C, Ronchi A, Roggi C. (2009). Dietary exposure estimates of twenty-one trace elements from a total diet study carried out in Pavia, Northern Italy. *Br J Nutr*; 101: 1200-1208.
284. Turner AP. (1994). The responses of plants to heavy metals. En: Ross SM, ed. *Toxic metals in soil-plant systems*. Wiley. Chichester: 153-187.
285. Udensi EA, Oselebe HO, Iweala OO. (2008). The investigation of chemical composition and functional properties of water yam: Effect of varietal differences. *Pakistan J Nutr*; 7: 342-344.
286. Ukhun ME, Nwazota J, Nkwocha FO. (1990). Levels of toxic mineral elements in selected foods marketed in Nigeria. *Bull Environ Contam Toxicol*; 44: 325-330.
287. Ulman C, Taneli F, Oksel F, Hakerlerler H. (2005). Zinc-deficient sprouting blight potatoes and their possible relation with neural tube defects. *Cell Biochem Funct*; 23: 69-72.
288. Umeta M, West CE, Habtamu F. (2005). Content of zinc, iron, calcium and their absorption inhibitors in foods commonly consumed in Ethiopia. *J Food Compos Anal*; 18: 803-817.
289. Vallee BL, Falchuk KH. (1993). The biochemical basis of zinc physiology. *Physiol Rev*; 73: 79-118.
290. Valcárcel M, Ríos A. (1992). *La calidad en los laboratorios analíticos*. Reverté. Barcelona: 177-222.
291. Vlachojannis JE, Cameron M, Chrubasik S. (2009) Medicinal use of potato derived products: a systematic review. *Phytother Res*; 24: 159-162.
292. Velasco-Ryenold C, Navarro-Alarcón M, López De La Serrana H, Pérez-Valero V, López-Martínez MC. (2008). Total and dialyzable levels of manganese from duplicate meals and influence of other nutrients: Estimation of daily dietary intake. *Food Chem*; 109: 113-121.
293. Walker TS, Schmiediche PE, Hijmans RJ. (1999). World trends and patterns in the potato crop: An economic and geographic survey. *Potato Res* 42: 241-264.

294. Walter WM, Truong VD, Wiesenborn DP, Carvajal P. (2000). Rheological and physicochemical properties of starches from moist and dry tipe sweetpotatoes. *J Agric Food Chem*; 48: 2937-2942.
295. Warman PR, Havard KA. (1998). Yield, vitamin and mineral contents of organically and conventionally grown potatoes and sweet corn. *Agric Ecosyst Environ*; 68: 207-216.
296. Welch RM. (2002). The impact of mineral nutrients in food crops on global human health. *Plant Soil*; 247: 83-90.
297. Westermann DT. (2005). Nutritional requirements of potatoes. *Am J Potato Res*; 82: 301-307.
298. Wierzbicka M, Antosiewicz D. (1993). How lead can easily enter the food chain – a study of plant roots. *Sci Total Environ*; 1: S423-S429.
299. Woese K, Lange D, Boess C, Werner Bögl K. (1997). A comparison of organically and conventionally grown foods-results of a review of the relevant literature. *J Sci Food Agric*; 74: 281-293.
300. Wolnik KA, Fricke FL, Capar SG, Braude GL, Meyer MW, Satzger RD, Bonning E. (1983). Elements in major raw agricultural crops in the United States. 1. Cadmium and lead in lettuce, peanuts, potatoes, soybeans, sweet corn, and wheat. *J Agric Food Chem*; 31: 1240-1244.
301. Wolnik KA, Fricke FL, Capar SG, Braude GL, Meyer MW, Satzger RD, Kuennen RW. (1983). Elements in major raw agricultural crops in the United States. 2. Other elements in lettuce, peanuts, potatoes, soybeans, sweet corn, and wheat. *J Agric Food Chem*; 31: 1244-1249.
302. Woolfe JA. (1992). Introduction. En: Woolfe JA, ed. *Sweet potato: an untapped food resource*. Cambridge University Press. Londres: 1-14.
303. Wszelaki AL, Delwiche JF, Walker SD, Liggett RE, Scheerens JC, Kleinhenz MD. (2005). Sensory quality and mineral and glycoalkaloid concentrations in organically and conventionally grown redskin potatoes (*Solanum tuberosum*). *J Sci Food Agric*; 85: 720-726.
304. Yang Q, Li H, Long F. (2007). Heavy metals of vegetables and soils of vegetable bases in Chongqing, Southwest China. *Environ Monit Assess*; 130: 271-279.

305. Ysart G, Miller P, Crews H, Robb P, Baxter M, De L'Argy C, Lofthouse S, Sargent C, Harrison N. (1999). Dietary exposure estimates of 30 elements from the UK total diet study. *Food Addit Contam*; 16: 391-403.
306. Ysart G, Miller P, Croasdale M, Crews H, Robb P, Baxter M, De L'Argy C, Lofthouse S, Sargent C, Harrison N. (2000). 1997 UK total diet study-dietary exposures to aluminium, arsenic, cadmium, chromium, copper, lead, mercury, nickel, selenium, tin and zinc. *Food Addit Contam*; 17: 775-786.
307. Zaidul M, Norulaini N, Omar M, Yamauchi H, Noda T. (2007). Correlations of the composition, minerals, and RVA pasting properties of various potato starches. *Starch/Stärke*; 59: 269-276.
308. Zdunczyk Z, Frejnagel S, Fornal J, Flis M, Palacios MC, Flis B, Zagorski-Ostojka W. (2005). Biological response of rat fed diets with high tuber content of conventionally bred and transgenic potato resistant to necrotic strain of potato virus (PVI^N). Part I. Chemical composition of tubers and nutritional value of diets. *Food Control*; 16: 761-766.
309. Zheng N, Wang Q, Zhang X, Zheng D, Zhang Z, Zhang S. (2007). Population health risk due to dietary intake of heavy metals in the industrial area of Huludao city, China. *Sci Total Environ*; 387: 96-104.
310. Zhuang P, McBride MB, Xia H, Li N, Li Z. (2009). Health risk from heavy metals via consumption of food crops in the vicinity of Dabaoshan mine, South China. *Sci Total Environ*; 407: 1551-1561.
311. Zukowska J, Biziuk M. (2008). Methodological evaluation of method for dietary heavy metal intake. *J Food Sci*; 73: 21-29.
312. Zuluaga MF, Baena Y, Mora CE, Ponce de León LF. (2007). Physicochemical characterization and application of yam (*Dioscorea cayenensis-rotundata*) Storch as a pharmaceutical excipient. *Starch/Stärke*; 59: 307-317.

7. ANEXOS

7. ANEXOS

7.1. ANEXO I: PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD Y ESTADÍSTICOS DE CONTRASTE SEGÚN LAS VARIEDADES DE PAPAS

Con el fin de comprobar si había normalidad de los datos, se usaron los test de Kolmogorov-Smirnov y de Shapiro-Wilk (Tablas 10-21) y el estadístico de Levene de homogeneidad de las varianzas para cada uno de los metales en las papas según las variedades estudiadas (Tabla 22).

Tabla 10. Pruebas de normalidad del sodio en las distintas variedades de papas.

Metal	Variedad	<i>Kolmogorov-Smirnov^a</i>			<i>Shapiro-Wilk</i>		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Na	Bonita	0,167	17	0,200*	0,924	17	0,173
	Cara	0,168	18	0,194	0,790	18	0,001
	Colorada	0,243	18	0,006	0,774	18	0,001
	King Edward	0,188	13	0,200*	0,904	13	0,151
	Negra	0,197	23	0,021	0,885	23	0,013
	Recara	0,243	11	0,067	0,881	11	0,107
	Rooster	0,183	13	0,200*	0,902	13	0,143
	Rosada	0,146	20	0,200*	0,957	20	0,477
	Uptodate	0,124	14	0,200*	0,962	14	0,752
	Venezolana	0,156	15	0,200*	0,947	15	0,474

a. Corrección de la significación de Lilliefors.

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

Tabla 11. Pruebas de normalidad del potasio en las distintas variedades de papas.

Metal	Variedad	<i>Kolmogorov-Smirnov^a</i>			<i>Shapiro-Wilk</i>		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
K	Bonita	0,141	17	0,200*	0,955	17	0,542
	Cara	0,146	18	0,200*	0,947	18	0,377
	Colorada	0,147	18	0,200*	0,919	18	0,122
	King Edward	0,196	13	0,185	0,886	13	0,085
	Negra	0,111	23	0,200*	0,977	23	0,839
	Recara	0,158	11	0,200*	0,959	11	0,760
	Rooster	0,262	13	0,015	0,825	13	0,014
	Rosada	0,156	20	0,200*	0,932	20	0,168
	Uptodate	0,182	14	0,200*	0,908	14	0,148
	Venezolana	0,208	15	0,080	0,891	15	0,069

a. Corrección de la significación de Lilliefors.

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

Tabla 12. Pruebas de normalidad del calcio en las distintas variedades de papas.

Metal	Variedad	<i>Kolmogorov-Smirnov^a</i>			<i>Shapiro-Wilk</i>		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Ca	Bonita	0,220	17	0,028	0,834	17	0,006
	Cara	0,216	18	0,026	0,829	18	0,004
	Colorada	0,281	18	0,001	0,610	18	0,000
	King Edward	0,408	13	0,000	0,454	13	0,000
	Negra	0,315	23	0,000	0,559	23	0,000
	Recara	0,193	11	0,200*	0,912	11	0,257
	Rooster	0,226	13	0,068	0,715	13	0,001
	Rosada	0,114	20	0,200*	0,912	20	0,069
	Uptodate	0,118	14	0,200*	0,967	14	0,836
	Venezolana	0,267	15	0,005	0,837	15	0,012

a. Corrección de la significación de Lilliefors.

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

Tabla 13. Pruebas de normalidad del magnesio en las distintas variedades de papas.

Metal	Variedad	<i>Kolmogorov-Smirnov^a</i>			<i>Shapiro-Wilk</i>		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Mg	Bonita	0,168	17	0,200*	0,914	17	0,117
	Cara	0,221	18	0,020	0,780	18	0,001
	Colorada	0,224	18	0,018	0,845	18	0,007
	King Edward	0,226	13	0,068	0,849	13	0,028
	Negra	0,226	23	0,004	0,703	23	0,000
	Recara	0,164	11	0,200*	0,970	11	0,888
	Rooster	0,134	13	0,200*	0,935	13	0,398
	Rosada	0,126	20	0,200*	0,938	20	0,217
	Uptodate	0,191	14	0,180	0,856	14	0,027
	Venezolana	0,171	15	0,200*	0,937	15	0,345

a. Corrección de la significación de Lilliefors.

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

Tabla 14. Pruebas de normalidad del cobre en las distintas variedades de papas.

Metal	Variedad	<i>Kolmogorov-Smirnov^a</i>			<i>Shapiro-Wilk</i>		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cu	Bonita	0,222	17	0,026	0,865	17	0,018
	Cara	0,089	18	0,200*	0,974	18	0,876
	Colorada	0,119	18	0,200*	0,938	18	0,272
	King Edward	0,207	13	0,131	0,860	13	0,039
	Negra	0,210	23	0,010	0,899	23	0,024
	Recara	0,180	11	0,200*	0,896	11	0,167
	Rooster	0,229	13	0,062	0,861	13	0,040
	Rosada	0,117	20	0,200*	0,971	20	0,782
	Uptodate	0,135	14	0,200*	0,933	14	0,334
	Venezolana	0,168	15	0,200*	0,843	15	0,014

a. Corrección de la significación de Lilliefors.

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

Tabla 15. Pruebas de normalidad del hierro en las distintas variedades de papas.

Metal	Variedad	<i>Kolmogorov-Smirnov^a</i>			<i>Shapiro-Wilk</i>		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Fe	Bonita	0,147	17	0,200*	0,956	17	0,565
	Cara	0,168	18	0,191	0,906	18	0,074
	Colorada	0,131	18	0,200*	0,945	18	0,351
	King Edward	0,146	13	0,200*	0,943	13	0,504
	Negra	0,080	23	0,200*	0,971	23	0,723
	Recara	0,290	11	0,010	0,851	11	0,044
	Rooster	0,216	13	0,101	0,853	13	0,031
	Rosada	0,145	20	0,200*	0,950	20	0,367
	Uptodate	0,149	14	0,200*	0,895	14	0,094
	Venezolana	0,163	15	0,200*	0,961	15	0,710

a. Corrección de la significación de Lilliefors.

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

Tabla 16. Pruebas de normalidad del manganeso en las distintas variedades de papas.

Metal	Variedad	<i>Kolmogorov-Smirnov^a</i>			<i>Shapiro-Wilk</i>		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Mn	Bonita	0,216	17	0,035	0,878	17	0,029
	Cara	0,138	18	0,200*	0,960	18	0,593
	Colorada	0,266	18	0,002	0,748	18	0,000
	King Edward	0,205	13	0,140	0,808	13	0,008
	Negra	0,243	23	0,001	0,828	23	0,001
	Recara	0,184	11	0,200*	0,944	11	0,568
	Rooster	0,195	13	0,191	0,922	13	0,265
	Rosada	0,157	20	0,200*	0,907	20	0,056
	Uptodate	0,210	14	0,094	0,841	14	0,017
	Venezolana	0,132	15	0,200*	0,972	15	0,890

a. Corrección de la significación de Lilliefors.

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

Tabla 17. Pruebas de normalidad del zinc en las distintas variedades de papas.

Metal	Variedad	<i>Kolmogorov-Smirnov^a</i>			<i>Shapiro-Wilk</i>		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Zn	Bonita	0,167	17	0,200*	0,928	17	0,205
	Cara	0,110	18	0,200*	0,975	18	0,888
	Colorada	0,200	18	0,055	0,870	18	0,018
	King Edward	0,156	13	0,200*	0,958	13	0,729
	Negra	0,153	23	0,177	0,927	23	0,094
	Recara	0,277	11	0,018	0,800	11	0,009
	Rooster	0,112	13	0,200*	0,973	13	0,928
	Rosada	0,129	20	0,200*	0,937	20	0,207
	Uptodate	0,142	14	0,200*	0,951	14	0,573
	Venezolana	0,149	15	0,200*	0,950	15	0,527

a. Corrección de la significación de Lilliefors.

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

Tabla 18. Pruebas de normalidad del cromo en las distintas variedades de papas.

Metal	Variedad	<i>Kolmogorov-Smirnov^a</i>			<i>Shapiro-Wilk</i>		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cr	Bonita	0,110	17	0,200*	0,948	17	0,422
	Cara	0,141	18	0,200*	0,900	18	0,057
	Colorada	0,127	18	0,200*	0,971	18	0,807
	King Edward	0,226	13	0,067	0,857	13	0,036
	Negra	0,139	23	0,200*	0,952	23	0,325
	Recara	0,237	11	0,084	0,908	11	0,233
	Rooster	0,175	13	0,200*	0,965	13	0,830
	Rosada	0,229	20	0,007	0,883	20	0,020
	Uptodate	0,235	14	0,036	0,861	14	0,031
	Venezolana	0,153	15	0,200*	0,940	15	0,384

a. Corrección de la significación de Lilliefors.

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

Tabla 19. Pruebas de normalidad del níquel en las distintas variedades de papas.

Metal	Variedad	<i>Kolmogorov-Smirnov^a</i>			<i>Shapiro-Wilk</i>		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Ni	Bonita	0,132	17	0,200*	0,939	17	0,301
	Cara	0,251	18	0,004	0,087	18	0,018
	Colorada	0,429	18	0,000	0,386	18	0,000
	King Edward	0,127	13	0,200*	0,944	13	0,510
	Negra	0,288	23	0,000	0,620	23	0,000
	Recara	0,190	11	0,200*	0,934	11	0,457
	Rooster	0,294	13	0,003	0,713	13	0,001
	Rosada	0,378	20	0,000	0,601	20	0,000
	Uptodate	0,231	14	0,042	0,874	14	0,048
	Venezolana	0,333	15	0,000	0,629	15	0,000

a. Corrección de la significación de Lilliefors.

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

Tabla 20. Pruebas de normalidad del cadmio en las distintas variedades de papas.

Metal	Variedad	<i>Kolmogorov-Smirnov^a</i>			<i>Shapiro-Wilk</i>		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cd	Bonita	0,316	17	0,000	0,712	17	0,000
	Cara	0,217	18	0,024	0,900	18	0,058
	Colorada	0,277	18	0,001	0,702	18	0,000
	King Edward	0,132	13	0,200*	0,970	13	0,895
	Negra	0,245	23	0,001	0,794	23	0,000
	Recara	0,209	11	0,193	0,874	11	0,087
	Rooster	0,222	13	0,080	0,934	13	0,385
	Rosada	0,266	20	0,001	0,662	20	0,000
	Uptodate	0,210	14	0,097	0,866	14	0,037
	Venezolana	0,175	15	0,200*	0,919	15	0,186

a. Corrección de la significación de Lilliefors.

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

Tabla 21. Pruebas de normalidad del plomo en las distintas variedades de papas.

Metal	Variedad	<i>Kolmogorov-Smirnov^a</i>			<i>Shapiro-Wilk</i>		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pb	Bonita	0,427	17	0,000	0,482	17	0,000
	Cara	0,371	18	0,000	0,634	18	0,000
	Colorada	0,195	18	0,070	0,833	18	0,005
	King Edward	0,264	13	0,013	0,802	13	0,007
	Negra	0,420	23	0,000	0,548	23	0,000
	Recara	0,238	11	0,081	0,803	11	0,010
	Rooster	0,158	13	0,200*	0,911	13	0,187
	Rosada	0,325	20	0,000	0,523	20	0,000
	Uptodate	0,332	14	0,000	0,734	14	0,001
	Venezolana	0,342	15	0,000	0,630	15	0,000

a. Corrección de la significación de Lilliefors.

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

Tabla 22. Prueba de homogeneidad de la varianza en papas por variedades.					
		Estadístico Levene	gl1	gl2	Sig.
Macroelementos					
Na	Basándose en la media	1,014	9	152	0,431
	Basándose en la mediana	0,787	9	152	0,629
	Basándose en la mediana y gl corr.	0,787	9	123,652	0,629
	Basándose en la media recortada	0,970	9	152	0,467
K	Basándose en la media	0,581	9	152	0,811
	Basándose en la mediana	0,446	9	152	0,908
	Basándose en la mediana y gl corr.	0,446	9	140,542	0,907
	Basándose en la media recortada	0,569	9	152	0,821
Ca	Basándose en la media	1,775	9	152	0,077
	Basándose en la mediana	0,824	9	152	0,595
	Basándose en la mediana y gl corr.	0,824	9	53,452	0,597
	Basándose en la media recortada	1,052	9	152	0,402
Mg	Basándose en la media	0,811	9	152	0,607
	Basándose en la mediana	0,515	9	152	0,862
	Basándose en la mediana y gl corr.	0,515	9	99,387	0,861
	Basándose en la media recortada	0,629	9	152	0,771
Microelementos					
Cu	Basándose en la media	1,564	9	152	0,131
	Basándose en la mediana	0,942	9	152	0,491
	Basándose en la mediana y gl corr.	0,942	9	107,975	0,492
	Basándose en la media recortada	1,441	9	152	0,175
Fe	Basándose en la media	1,160	9	152	0,324
	Basándose en la mediana	0,650	9	152	0,753
	Basándose en la mediana y gl corr.	0,650	9	111,502	0,752
	Basándose en la media recortada	1,049	9	152	0,404
Mn	Basándose en la media	1,570	9	152	0,129
	Basándose en la mediana	0,839	9	152	0,581
	Basándose en la mediana y gl corr.	0,839	9	108,934	0,582
	Basándose en la media recortada	1,303	9	152	0,240
Zn	Basándose en la media	1,975	9	152	0,046
	Basándose en la mediana	1,574	9	152	0,128
	Basándose en la mediana y gl corr.	1,574	9	117,316	0,131
	Basándose en la media recortada	1,943	9	152	0,050
Cr	Basándose en la media	4,127	9	152	0,000
	Basándose en la mediana	3,417	9	152	0,001
	Basándose en la mediana y gl corr.	3,417	9	73,111	0,001
	Basándose en la media recortada	4,009	9	152	0,000
Ni	Basándose en la media	1,541	9	152	0,138
	Basándose en la mediana	0,969	9	152	0,468
	Basándose en la mediana y gl corr.	0,969	9	75,125	0,473
	Basándose en la media recortada	1,103	9	152	0,364
Tóxicos					
Cd	Basándose en la media	10,163	9	152	0,000
	Basándose en la mediana	3,846	9	152	0,000
	Basándose en la mediana y gl corr.	3,846	9	29,988	0,003
	Basándose en la media recortada	7,670	9	152	0,000
Pb	Basándose en la media	2,659	9	152	0,007
	Basándose en la mediana	1,676	9	152	0,099
	Basándose en la mediana y gl corr.	1,676	9	106,247	0,104
	Basándose en la media recortada	2,415	9	152	0,014

Tabla 23. Resumen de la prueba de hipótesis mediante el test de Kruskal-Wallis de las muestras independientes de papas		
Hipótesis nula	Sig.	Decisión
Macroelementos		
La distribución de Na es la misma entre las categorías de variedad	0,028	Rechazar la hipótesis nula
La distribución de K es la misma entre las categorías de variedad	0,078	Retener la hipótesis nula
La distribución de Ca es la misma entre las categorías de variedad	0,005	Rechazar la hipótesis nula
La distribución de Mg es la misma entre las categorías de variedad	0,072	Retener la hipótesis nula
Microelementos		
La distribución de Cu es la misma entre las categorías de variedad	0,085	Retener la hipótesis nula
La distribución de Fe es la misma entre las categorías de variedad	0,209	Retener la hipótesis nula
La distribución de Mn es la misma entre las categorías de variedad	0,008	Rechazar la hipótesis nula
La distribución de Zn es la misma entre las categorías de variedad	0,039	Rechazar la hipótesis nula
La distribución de Cr es la misma entre las categorías de variedad	0,108	Retener la hipótesis nula
La distribución de Ni es la misma entre las categorías de variedad	0,000	Rechazar la hipótesis nula
Tóxicos		
La distribución de Cd es la misma entre las categorías de variedad	0,001	Rechazar la hipótesis nula
La distribución de Pb es la misma entre las categorías de variedad	0,003	Rechazar la hipótesis nula

Sig. Nivel de significación es 0,05

Debido a que se comprobó la no normalidad de los resultados, se procedió a utilizar el test estadístico Kruskal-Wallis (Tabla 23) con el fin de conocer la existencia o no de diferencias significativas entre las distintas variedades de papas estudiadas. Puesto que se puso de manifiesto la existencia de diferencias significativas para los metales Na, Ca, Mn, Zn, Ni, Cd y Pb, se procedió a comprobar entre que variedades de papas existían estas diferencias. El test que se utilizó fue la prueba de U de Mann-Whitney (Tablas 24-68).

Tabla 24. Estadístico de contraste de Bonita-Cara ^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	117,0	121,0	81,00	101,0	131,0	77,00	136,0
W de Wilcoxon	327,0	331,0	186,0	206,0	236,0	287,0	346,0
Z	-0,805	-0,665	-2,065	-1,365	-0,315	-2,235	-0,157
Sig. Asintót. (bilateral)	0,421	0,506	0,039	0,172	0,752	0,025	0,875
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,436 ^a	0,522 ^a	0,039 ^a	0,180 ^a	0,769 ^a	0,027 ^a	0,904 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 25. Estadístico de contraste de Bonita-Colorada ^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	87,00	120,0	79,00	65,00	51,50	91,00	98,00
W de Wilcoxon	297,0	225,0	184,0	170,0	156,5	301,0	308,0
Z	-1,855	-0,700	-2,135	-2,624	-3,100	-1,467	-1,557
Sig. Asintót. (bilateral)	0,064	0,484	0,033	0,009	0,002	0,142	0,119
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,066 ^a	0,500 ^a	0,033 ^a	0,008 ^a	0,001 ^a	0,158 ^a	0,148 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 26. Estadístico de contraste de Bonita-King Edward ^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	160,0	152,0	76,50	113,0	41,00	136,0	170,0
W de Wilcoxon	370,0	362,0	247,5	284,0	212,0	307,0	380,0
Z	-0,585	-0,819	-3,026	-1,959	-4,070	-1,302	-0,326
Sig. Asintót. (bilateral)	0,559	0,413	0,002	0,050	0,000	0,193	0,744
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,573 ^a	0,426 ^a	0,002 ^a	0,051 ^a	0,000 ^a	0,206 ^a	0,784 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 27. Estadístico de contraste de Bonita-Negra ^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	94,00	41,00	78,00	80,00	112,5	92,50	96,00
W de Wilcoxon	172,0	251,0	156,0	158,0	190,5	302,5	306,0
Z	-1,012	-3,075	-1,635	-1,557	-0,292	-0,735	-1,030
Sig. Asintót. (bilateral)	0,312	0,002	0,102	0,119	0,770	0,462	0,303
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,326 ^a	0,001 ^a	0,107 ^a	0,125 ^a	0,774 ^a	0,476 ^a	0,366 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 28. Estadístico de contraste de Bonita-Recara^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	135,0	138,0	118,0	128,0	110,0	43,00	63,00
W de Wilcoxon	345,0	348,0	328,0	233,0	215,0	253,0	273,0
Z	-0,175	-0,070	-0,770	-0,420	-1,051	-3,246	-2,797
Sig. Asintót. (bilateral)	0,861	0,944	0,441	0,675	0,293	0,001	0,005
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,877 ^a	0,959 ^a	0,457 ^a	0,691 ^a	0,306 ^a	0,001 ^a	0,006 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 29. Estadístico de contraste de Bonita-Rooster^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	136,5	124,0	123,0	161,0	106,5	144,0	138,0
W de Wilcoxon	289,0	334,0	276,0	314,0	259,5	354,0	291,0
Z	-1,021	-1,402	-1,432	-0,274	-1,937	-0,799	-1,174
Sig. Asintót. (bilateral)	0,307	0,161	0,152	0,784	0,053	0,424	0,241
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,311 ^a	0,167 ^a	0,158 ^a	0,798 ^a	0,052 ^a	0,442 ^a	0,341 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 30. Estadístico de contraste de Bonita-Rosada^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	136,0	132,0	94,00	160,0	118,0	142,0	117,5
W de Wilcoxon	307,0	342,0	265,0	331,0	289,0	352,0	327,5
Z	-1,286	-1,403	-2,514	-0,585	-1,815	-1,130	-1,933
Sig. Asintót. (bilateral)	0,198	0,161	0,012	0,559	0,070	0,258	0,053
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,206 ^a	0,167 ^a	0,011 ^a	0,573 ^a	0,072 ^a	0,276 ^a	0,067 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 31. Estadístico de contraste de Bonita-Up-to-date^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	167,0	157,5	95,00	214,0	229,0	183,0	204,0
W de Wilcoxon	377,0	367,5	371,0	424,0	505,0	459,0	480,0
Z	-1,534	-1,765	-3,287	-0,390	-0,024	-1,162	-0,760
Sig. Asintót. (bilateral)	0,125	0,077	0,001	0,697	0,981	0,245	0,447
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 32. Estadístico de contraste de Bonita-Venezolana^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	99,00	110,0	107,0	125,0	126,5	73,50	132,5
W de Wilcoxon	219,0	230,0	227,0	335,0	246,5	283,5	342,5
Z	-1,700	-1,333	-1,433	-0,833	-0,784	-2,593	-0,630
Sig. Asintót. (bilateral)	0,089	0,182	0,152	0,405	0,433	0,010	0,529
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,093 ^a	0,191 ^a	0,158 ^a	0,419 ^a	0,438 ^a	0,009 ^a	0,564 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 33. Estadístico de contraste de Cara-Colorada^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	83,00	73,00	95,00	77,00	34,50	58,50	70,50
W de Wilcoxon	188,0	178,0	200,0	182,0	139,5	149,5	175,5
Z	-0,689	-1,149	-0,138	-0,965	-2,921	-1,586	-1,320
Sig. Asintót. (bilateral)	0,491	0,251	0,890	0,335	0,003	0,113	0,187
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,511 ^a	0,265 ^a	0,910 ^a	0,352 ^a	0,002 ^a	0,116 ^a	0,210 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 34. Estadístico de contraste de Cara-King Edward^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	119,0	121,0	107,0	118,0	29,00	51,50	121,0
W de Wilcoxon	290,0	226,0	278,0	289,0	200,0	222,5	226,0
Z	-0,266	-0,190	-0,722	-0,304	-3,693	-2,840	-0,210
Sig. Asintót. (bilateral)	0,790	0,849	0,470	0,761	0,000	0,005	0,834
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,808 ^a	0,866 ^a	0,488 ^a	0,779 ^a	0,000 ^a	0,004 ^a	0,866 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 35. Estadístico de contraste de Cara-Negra^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	54,50	37,00	78,00	83,50	83,50	66,50	66,00
W de Wilcoxon	132,5	142,0	156,0	188,5	188,5	132,5	171,0
Z	-1,518	-2,417	-0,309	-0,026	-0,026	-0,577	-1,008
Sig. Asintót. (bilateral)	0,129	0,016	0,758	0,979	0,979	0,564	0,313
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,131 ^a	0,015 ^a	0,781 ^a	0,980 ^a	0,980 ^a	0,572 ^a	0,374 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 36. Estadístico de contraste de Cara-Recara^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	92,00	79,50	59,00	77,00	89,00	88,50	42,00
W de Wilcoxon	197,0	184,5	164,0	182,0	194,0	179,5	147,0
Z	-0,276	-0,850	-1,792	-0,965	-0,414	-0,122	-2,637
Sig. Asintót. (bilateral)	0,783	0,395	0,073	0,335	0,679	0,903	0,008
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,804 ^a	0,401 ^a	0,077 ^a	0,352 ^a	0,701 ^a	0,905 ^a	0,009 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 37. Estadístico de contraste de Cara-Rooster^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	81,50	105,0	115,0	81,00	86,00	103,0	93,50
W de Wilcoxon	234,5	210,0	220,0	186,0	239,0	256,0	246,5
Z	-1,489	-0,556	-0,159	-1,508	-1,312	-0,636	-1,220
Sig. Asintót. (bilateral)	0,137	0,578	0,874	0,131	0,189	0,525	0,222
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,138 ^a	0,597 ^a	0,891 ^a	0,138 ^a	0,200 ^a	0,544 ^a	0,316 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 38. Estadístico de contraste de Cara-Rosada^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	79,00	114,0	103,0	119,5	86,50	86,00	83,50
W de Wilcoxon	250,0	219,0	274,0	224,5	257,5	257,0	188,5
Z	-1,785	-0,456	-0,874	-0,247	-1,505	-1,527	-1,687
Sig. Asintót. (bilateral)	0,074	0,648	0,382	0,805	0,132	0,127	0,092
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,077 ^a	0,667 ^a	0,398 ^a	0,808 ^a	0,135 ^a	0,135 ^a	0,107 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 39. Estadístico de contraste de Cara-Up-to-date^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	136,0	135,0	115,0	115,0	142,0	80,50	138,0
W de Wilcoxon	241,0	240,0	391,0	220,0	247,0	356,5	414,0
Z	-0,783	-0,814	-1,441	-1,441	-0,596	-2,538	-0,866
Sig. Asintót. (bilateral)	0,434	0,416	0,150	0,150	0,551	0,011	0,386
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,448 ^a	0,429 ^a	0,156 ^a	0,156 ^a	0,567 ^a	0,010 ^a	0,486 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 40. Estadístico de contraste de Cara-Venezolana^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	54,00	55,00	87,00	64,50	98,50	98,50	98,50
W de Wilcoxon	174,0	175,0	192,0	169,5	218,5	203,5	203,5
Z	-2,226	-2,182	-0,786	-1,768	-0,284	-0,285	-0,302
Sig. Asintót. (bilateral)	0,026	0,029	0,432	0,077	0,776	0,775	0,763
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,026 ^a	0,029 ^a	0,451 ^a	0,077 ^a	0,780 ^a	0,780 ^a	0,780 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 41. Estadístico de contraste de Colorada-King Edward^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	96,00	100,0	116,0	103,0	79,50	68,00	97,50
W de Wilcoxon	267,0	205,0	287,0	208,0	250,5	239,0	268,5
Z	-1,140	-0,988	-0,380	-0,874	-1,772	-1,974	-1,137
Sig. Asintót. (bilateral)	0,254	0,323	0,704	0,382	0,076	0,048	0,255
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,267 ^a	0,338 ^a	0,722 ^a	0,398 ^a	0,077 ^a	0,051 ^a	0,283 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 42. Estadístico de contraste de Colorada-Negra^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	53,00	30,00	83,00	73,00	23,50	67,00	82,50
W de Wilcoxon	131,0	135,0	161,0	178,0	128,5	158,0	160,5
Z	-1,594	-2,777	-0,051	-0,566	-3,114	-0,262	-0,080
Sig. Asintót. (bilateral)	0,111	0,005	0,959	0,572	0,002	0,793	0,937
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,118 ^a	0,004 ^a	0,980 ^a	0,595 ^a	0,001 ^a	0,820 ^a	0,940 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 43. Estadístico de contraste de Colorada-Recara^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	79,00	85,00	50,00	56,00	49,50	30,50	64,00
W de Wilcoxon	184,0	190,0	155,0	161,0	154,5	121,5	169,0
Z	-0,873	-0,597	-2,205	-1,930	-2,230	-2,799	-1,580
Sig. Asintót. (bilateral)	0,383	0,550	0,027	0,054	0,026	0,005	0,114
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,401 ^a	0,571 ^a	0,027 ^a	0,056 ^a	0,024 ^a	0,004 ^a	0,125 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 44. Estadístico de contraste de Colorada-Rooster^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	64,00	81,00	113,0	48,00	59,50	102,0	60,00
W de Wilcoxon	217,0	186,0	218,0	153,0	164,5	193,0	213,0
Z	-2,183	-1,508	-0,238	-2,818	-2,365	-0,357	-2,573
Sig. Asintót. (bilateral)	0,029	0,131	0,812	0,005	0,018	0,721	0,010
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,029 ^a	0,138 ^a	0,830 ^a	0,004 ^a	0,017 ^a	0,742 ^a	0,019 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 45. Estadístico de contraste de Colorada-Rosada^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	65,00	85,00	117,5	87,00	66,50	110,5	111,0
W de Wilcoxon	236,0	190,0	288,5	192,0	171,5	281,5	216,0
Z	-2,317	-1,558	-0,323	-1,481	-2,267	-0,263	-0,579
Sig. Asintót. (bilateral)	0,020	0,119	0,747	0,138	0,023	0,793	0,562
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,020 ^a	0,125 ^a	0,750 ^a	0,145 ^a	0,022 ^a	0,798 ^a	0,587 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 46. Estadístico de contraste de Colorada-Up-to-date^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	152,0	98,00	112,0	82,00	36,00	95,50	90,50
W de Wilcoxon	428,0	203,0	388,0	187,0	141,0	371,5	366,5
Z	-0,282	-1,973	-1,535	-2,474	-3,919	-1,794	-2,446
Sig. Asintót. (bilateral)	0,778	0,049	0,125	0,013	0,000	0,073	0,014
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,793 ^a	0,049 ^a	0,130 ^a	0,013 ^a	0,000 ^a	0,075 ^a	0,026 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 47. Estadístico de contraste de Colorada-Venezolana^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	43,00	91,00	85,00	41,00	40,50	56,50	85,00
W de Wilcoxon	163,0	211,0	190,0	146,0	145,5	147,5	205,0
Z	-2,706	-0,611	-0,873	-2,793	-2,819	-1,902	-0,901
Sig. Asintót. (bilateral)	0,007	0,541	0,383	0,005	0,005	0,057	0,367
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,006 ^a	0,561 ^a	0,400 ^a	0,004 ^a	0,004 ^a	0,058 ^a	0,400 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 48. Estadístico de contraste de King-Edward-Negra ^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	83,00	69,00	101,0	105,0	18,50	67,50	95,50
W de Wilcoxon	161,0	240,0	272,0	276,0	189,5	238,5	266,5
Z	-1,058	-1,651	-0,296	-0,127	-3,799	-1,422	-0,575
Sig. Asintót. (bilateral)	0,290	0,099	0,767	0,899	0,000	0,155	0,565
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,305 ^a	0,104 ^a	0,787 ^a	0,917 ^a	0,000 ^a	0,159 ^a	0,602 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 49. Estadístico de contraste de King-Edward-Recara ^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	116,0	106,0	51,00	93,00	42,00	24,00	70,50
W de Wilcoxon	221,0	211,0	222,0	264,0	213,0	195,0	241,5
Z	-0,380	-0,760	-2,849	-1,254	-3,199	-3,747	-2,171
Sig. Asintót. (bilateral)	0,704	0,447	0,004	0,210	0,001	0,000	0,030
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,722 ^a	0,464 ^a	0,004 ^a	0,220 ^a	0,001 ^a	0,000 ^a	0,034 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 50. Estadístico de contraste de King Edward-Rooster ^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	114,0	145,0	126,0	93,00	50,50	114,0	117,0
W de Wilcoxon	267,0	316,0	297,0	264,0	221,5	285,0	270,0
Z	-1,287	-0,264	-0,891	-1,980	-3,389	-1,292	-1,406
Sig. Asintót. (bilateral)	0,198	0,792	0,373	0,048	0,001	0,196	0,160
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,207 ^a	0,807 ^a	0,386 ^a	0,049 ^a	0,000 ^a	0,207 ^a	0,245 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 51. Estadístico de contraste de King-Edward-Rosada ^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	107,0	151,5	161,0	133,0	54,50	108,0	124,5
W de Wilcoxon	278,0	322,5	332,0	304,0	225,5	279,0	295,5
Z	-1,740	-0,332	-0,032	-0,918	-3,409	-1,718	-1,242
Sig. Asintót. (bilateral)	0,082	0,740	0,975	0,359	0,001	0,086	0,214
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,085 ^a	0,743 ^a	0,988 ^a	0,372 ^a	0,000 ^a	0,091 ^a	0,239 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 52. Estadístico de contraste de King Edward-Up-to-date^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	165,0	182,0	163,0	135,0	30,50	196,5	166,0
W de Wilcoxon	336,0	353,0	439,0	306,0	201,5	472,5	442,0
Z	-1,892	-0,657	-1,156	-1,892	-4,643	-0,278	-1,275
Sig. Asintót. (bilateral)	0,270	0,511	0,248	0,059	0,000	0,781	0,202

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 53. Estadístico de contraste de King Edward- Venezuela^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	83,00	81,00	94,00	71,00	34,00	47,50	125,0
W de Wilcoxon	203,0	201,0	265,0	242,0	205,0	218,5	296,0
Z	-1,880	-1,952	-1,482	-2,314	-3,659	-3,176	-0,336
Sig. Asintót. (bilateral)	0,060	0,051	0,138	0,021	0,000	0,001	0,699
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,062 ^a	0,052 ^a	0,145 ^a	0,020 ^a	0,000 ^a	0,001 ^a	0,735 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 54. Estadístico de contraste de Negra-Recara^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	70,00	35,00	47,00	64,00	77,00	64,50	64,00
W de Wilcoxon	148,0	140,0	125,0	142,0	182,0	130,5	142,0
Z	-0,720	-2,520	-1,903	-1,029	-0,360	-0,408	-1,045
Sig. Asintót. (bilateral)	0,471	0,012	0,057	0,304	0,719	0,683	0,296
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,494 ^a	0,011 ^a	0,060 ^a	0,322 ^a	0,742 ^a	0,691 ^a	0,322 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 55. Estadístico de contraste de Negra-Rooster^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	98,00	65,00	96,00	59,00	72,00	93,00	67,00
W de Wilcoxon	251,0	218,0	174,0	137,0	225,0	246,0	220,0
Z	-0,177	-1,638	-0,266	-1,904	-1,330	-0,024	-1,828
Sig. Asintót. (bilateral)	0,859	0,101	0,790	0,057	0,183	0,981	0,067
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,879 ^a	0,107 ^a	0,811 ^a	0,059 ^a	0,195 ^a	1,000 ^a	0,128 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 56. Estadístico de contraste de Negra- Rosada ^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	105,0	62,00	105,0	107,0	70,50	94,50	98,00
W de Wilcoxon	276,0	233,0	276,0	185,0	241,5	265,5	176,0
Z	-0,127	-1,948	-0,127	-0,042	-1,591	-0,203	-0,438
Sig. Asintót. (bilateral)	0,899	0,051	0,899	0,966	0,112	0,839	0,662
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,917 ^a	0,053 ^a	0,917 ^a	0,983 ^a	0,113 ^a	0,842 ^a	0,692 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 57. Estadístico de contraste de Negra- Up-to-date ^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	84,00	86,00	106,0	96,00	123,5	88,50	96,00
W de Wilcoxon	162,0	362,0	382,0	174,0	201,5	364,5	372,0
Z	-1,877	-1,807	-1,112	-1,460	-0,504	-1,412	-1,725
Sig. Asintót. (bilateral)	0,061	0,071	0,266	0,144	0,614	0,158	0,085
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,062 ^a	0,073 ^a	0,278 ^a	0,151 ^a	0,619 ^a	0,164 ^a	0,151 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 58. Estadístico de contraste de Negra-Venezolana ^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	80,00	21,00	79,00	50,00	81,50	63,50	79,50
W de Wilcoxon	200,0	141,0	157,0	128,0	201,5	129,5	199,5
Z	-0,488	-3,367	-0,537	-1,952	-0,415	-0,993	-0,538
Sig. Asintót. (bilateral)	0,626	0,001	0,591	0,051	0,678	0,321	0,591
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,648 ^a	0,000 ^a	0,614 ^a	0,053 ^a	0,683 ^a	0,330 ^a	0,614 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 59. Estadístico de contraste de Recara-Rooster ^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	95,00	94,00	79,00	110,5	94,50	91,00	33,50
W de Wilcoxon	248,0	199,0	232,0	215,5	247,5	244,0	186,5
Z	-0,953	-0,992	-1,588	-0,337	-0,974	-0,840	-3,610
Sig. Asintót. (bilateral)	0,341	0,321	0,112	0,736	0,330	0,412	0,000
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,356 ^a	0,336 ^a	0,118 ^a	0,739 ^a	0,336 ^a	0,432 ^a	0,000 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 60. Estadístico de contraste de Recara- Rosada ^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	102,0	94,00	65,00	121,0	108,0	55,50	110,5
W de Wilcoxon	273,0	199,0	236,0	292,0	279,0	226,5	281,5
Z	-0,912	-1,216	-2,317	-0,190	-0,684	-2,478	-0,594
Sig. Asintót. (bilateral)	0,362	0,224	0,020	0,849	0,494	0,013	0,552
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,377 ^a	0,235 ^a	0,020 ^a	0,866 ^a	0,512 ^a	0,012 ^a	0,561 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 61. Estadístico de contraste de Recara- Up-to-date ^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	126,0	111,0	67,00	137,0	130,5	59,00	60,00
W de Wilcoxon	231,0	216,0	343,0	242,0	235,5	335,0	336,0
Z	-1,096	-1,566	-2,944	-0,752	-0,956	-3,007	-3,404
Sig. Asintót. (bilateral)	0,273	0,117	0,003	0,452	0,339	0,003	0,001
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,284 ^a	0,122 ^a	0,003 ^a	0,467 ^a	0,344 ^a	0,002 ^a	0,001 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 62. Estadístico de contraste de Recara-Venezolana ^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	81,00	64,00	63,00	80,00	103,0	80,50	53,50
W de Wilcoxon	201,0	184,0	183,0	185,0	208,0	171,5	173,5
Z	-1,047	-0,789	-1,833	-1,091	-0,087	-0,788	-2,284
Sig. Asintót. (bilateral)	0,295	0,074	0,067	0,275	0,930	0,431	0,022
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,310 ^a	0,077 ^a	0,070 ^a	0,290 ^a	0,949 ^a	0,440 ^a	0,023 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 63. Estadístico de contraste de Rooster- Rosada ^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	152,0	148,5	133,5	128,0	138,0	141,0	74,00
W de Wilcoxon	305,0	301,5	304,5	299,0	309,0	312,0	227,0
Z	-0,033	-0,149	-0,644	-0,825	-0,496	-0,397	-2,845
Sig. Asintót. (bilateral)	0,974	0,882	0,520	0,409	0,620	0,691	0,004
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,987 ^a	0,883 ^a	0,525 ^a	0,424 ^a	0,636 ^a	0,708 ^a	0,008 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 64. Estadístico de contraste de Rooster- Up-to-date^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	111,0	181,0	136,0	184,0	111,5	141,5	187,5
W de Wilcoxon	264,0	334,0	412,0	337,0	264,5	417,5	340,5
Z	-2,312	-0,397	-1,628	-0,315	-2,300	-1,489	-0,288
Sig. Asintót. (bilateral)	0,021	0,692	0,104	0,753	0,021	0,137	0,773
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,020 ^a	0,705 ^a	0,107 ^a	0,766 ^a	0,020 ^a	0,141 ^a	0,829 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 65. Estadístico de contraste de Rooster-Venezolana^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	116,5	58,00	125,0	104,0	102,0	104,0	81,50
W de Wilcoxon	236,5	178,0	278,0	257,0	255,0	257,0	234,5
Z	-0,415	-2,625	-0,094	-0,887	-0,964	-0,890	-1,962
Sig. Asintót. (bilateral)	0,678	0,009	0,925	0,375	0,335	0,373	0,050
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,682 ^a	0,008 ^a	0,941 ^a	0,390 ^a	0,350 ^a	0,390 ^a	0,082 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 66. Estadístico de contraste de Rosada- Up-to-date^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	104,0	195,0	154,0	157,0	113,5	142,0	118,5
W de Wilcoxon	275,0	366,0	430,0	328,0	284,5	418,0	394,5
Z	-2,706	-0,315	-1,392	-1,314	-2,459	-1,720	-2,562
Sig. Asintót. (bilateral)	0,007	0,753	0,164	0,189	0,014	0,085	0,010
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,007 ^a	0,753 ^a	0,164 ^a	0,189 ^a	0,014 ^a	0,085 ^a	0,010 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

Tabla 67. Estadístico de contraste de Rosada-Venezolana^b

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	132,0	55,50	103,0	91,50	104,0	87,50	97,00
W de Wilcoxon	252,0	175,5	274,0	262,5	275,0	258,5	217,0
Z	-0,108	-2,875	-1,157	-1,573	-1,123	-1,727	-1,411
Sig. Asintót. (bilateral)	0,914	0,004	0,247	0,116	0,262	0,084	0,158
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,929 ^a	0,003 ^a	0,259 ^a	0,117 ^a	0,274 ^a	0,086 ^a	0,178 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

	Na	Ca	Mn	Zn	Ni	Cd	Pb
U de Mann-Whitney	76,00	66,00	112,0	154,0	138,5	71,00	126,5
W de Wilcoxon	196,0	186,0	388,0	430,0	258,5	347,0	402,5
Z	-2,882	-3,181	-1,807	-0,552	-1,016	-3,059	-1,560
Sig. Asintót. (bilateral)	0,004	0,001	0,071	0,581	0,309	0,002	0,119
Sig. Exacta [2*(Sig. Unilateral)]	0,003 ^a	0,001 ^a	0,073 ^a	0,595 ^a	0,314 ^a	0,002 ^a	0,172 ^a

^a. No corregidos para los empates.

^b. Variable de agrupación: variedad_I.

7.2. ANEXO II: Comparative study of the mineral composition of several varieties of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) from different countries cultivated in Canary Islands (Spain)

International Journal of
Food Science & Technology



774

International Journal of Food Science and Technology 2011, 46, 774–780

Original article

Comparative study of the mineral composition of several varieties of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) from different countries cultivated in Canary Islands (Spain)

Gara Luis,¹ Carmen Rubio,¹ Dallos González-Weller,² Angel J. Gutiérrez,^{1*} Consuelo Revert¹ & Arturo Hardisson¹

¹ Department of Toxicology, University of La Laguna, La Laguna, Tenerife, Canary Islands 38071, Spain

² Canary Health Service, 38006 S/C de Tenerife, Spain

(Received 26 September 2010; Accepted in revised form 21 December 2010)

Summary Potatoes are a basic component of human diets worldwide being an excellent source of minerals linked the maintenance of health. Contents of calcium (Ca), magnesium (Mg), potassium (K), sodium (Na), copper (Cu), iron (Fe), manganese (Mn), zinc (Zn), nickel (Ni) and chromium (Cr) in seventy-four fresh potato samples from different varieties consumed in Tenerife Island (Canary Islands, Spain) were determined by flame atomic absorption spectrometry (FAAS). The mean concentrations were 60.1 mg kg⁻¹, 222 mg kg⁻¹, 5047 mg kg⁻¹, 125 mg kg⁻¹, 1.69 mg kg⁻¹, 8 mg kg⁻¹, 1.70 mg kg⁻¹, 3.88 mg kg⁻¹, 62.7 µg kg⁻¹ and 19.9 µg kg⁻¹ for Ca, Mg, K, Na, Cu, Fe, Mn, Zn, Ni and Cr, respectively. The varieties of local potatoes presented higher mineral contents than imported potatoes. Potassium presented the highest contents in all varieties of potatoes. Iron was the most abundant microelement. Local potatoes offer greater nutritional contributions to the recommended intakes than imported varieties. Within the macrominerals, the highest contribution to the intakes was observed for K, while Fe was the trace element with the largest contribution to the proposed intake.

Keywords Flame atomic absorption spectrometry, intake, minerals, potatoes, recommended dietary allowances, trace elements.

Introduction

Potatoes (*Solanum tuberosum* L.) are tubers belonging to the *Solanaceae* family. The first potatoes originated in the Andes range of mountains, near Lake Titicaca, where the greatest variety of wild species are found. Cultivation began approximately 10 000 years ago (Hawkes, 1992; Spire & Rousselet, 1999). Potatoes were introduced into Europe by the Spanish in the 16th century (Ruiz de Galaneta *et al.*, 2006). In recent years, potato cultivation has extended to many countries and now forms part of world staple food crops (Andre *et al.*, 2007). Potatoes are currently the world's fourth largest food crop, after wheat and maize, with an estimated annual production of 323 million tons (FAO, 2008).

Potatoes have received increasing attention in recent years in human nutrition and in animal production because the varied characteristics of cultivation allow crops from different soils and climatic conditions, including the more extreme (Ercifej, 1998). The wide diversity among cultivated potatoes in different zones allows considerable variability in tuber shape, size, flesh

and skin colour, flavour, taste and texture (Andre *et al.*, 2007; Casañas *et al.*, 2003). Indeed, the mineral distribution may vary within the potato tuber. There is evidence that some elements may be more concentrated in the potato skin relative to the potato flesh. Information on tuber mineral composition is mandatory for the label 'origin denomination'. In this way, it is possible to determine their geographical origin (Padin *et al.*, 2001).

Potato cultivation is firmly entrenched in the Canary Islands because of its high consumption, tradition and economic reasons. In 1567, the first potatoes entered the island of Tenerife (Canary Islands) from South America and were first cultivated in Icod el Alto, a Northern municipality (Ames & Spooner, 2008). In the Canary Islands, potatoes are the third most cultivated crop, after grapes and bananas, with a production in 2005 of 98 358 tons occupying 4.919 hectares (ISTAC, 2007). According to official statistics, potato production on the island of Tenerife exceeds the production of all six other islands of the archipelago combined. Potatoes from Tenerife are mainly produced in two areas, located in the north and the south of the island. The soil in the north is characterised by higher clay content and greater amount of organic matter than in the south. Practically,

*Correspondent. E-mail: sjgari@ull.es

doi:10.1111/j.1365-2621.2011.02596.x

© 2011 The Authors. International Journal of Food Science and Technology © 2011 Institute of Food Science and Technology

the total production of Tenerife is destined to the local market; the greater part corresponding to varieties whose mother tuber is imported.

According to Gil González (1997), potatoes currently marketed in the island of Tenerife are classified as local varieties and imported potatoes:

1 Local varieties are subdivided into three subtypes:

Type 1: Potatoes of unknown age, traditionally cultivated in Tenerife. This group includes potatoes introduced from the early years after Spanish conquest, with morphological characteristics that in principle identify them as Andean subspecies or the species *Solanum x obconcha*. Notable among these are the following varieties: *Tormenta*, *Amorosa*, *Bonita*, *Colorado*, *Negra*, *Borracha*, *Mara*, *Palmera*, *María* and *Pelusa*.

Type 2: Potatoes brought by returning emigrants from Venezuela and other South American countries during the 20th century, known as local *Venezolanas*, *Andinas*, *Colombianas* or *Caraqueñas* whose intake is minimum among the general population.

Type 3: Potatoes introduced during the 20th century from European countries such as the United Kingdom (UK), whose seed ceased to be imported many years ago; however, the variety persists because of local farmer efforts.

2 Imported potatoes. These are UK produced, notably the varieties *King Edward* (colloquially *Quinegua* or *Chinegua* depending on zone), *Up to Date* (called *Autodate*), *Kerr's Pink* (called *Ronda*), *Cara* and *Rocora*.

Many canarian typical recipes include potatoes among their ingredients. Therefore, potatoes are considered a traditional and basic food in the Canarian diet and contribute significantly to the intake of energy, carbohydrates, fibre, vitamins such as B₃, B₆ and C and certain minerals as potassium or magnesium (Casafas *et al.*, 2003; Andre *et al.*, 2007).

Metal composition of food products, and particularly potatoes, is influenced by many factors such as the production area, varieties, soil and climate, agricultural practices, storage and commercialisation conditions. Quantification of minerals in potatoes is highly relevant because different cultivars can vary significantly in uptake of minerals and trace elements. Certain micronutrients are essential for plant growth and as enzyme cofactors in the tuber, but may be toxic at high concentrations (Rojas *et al.*, 1999).

Some studies highlight the fact that potato is an important route of metal transfer from the soil to the human consumer (Piotrowska & Kabata-Pendias, 1997; Reid *et al.*, 2003; Dugo *et al.*, 2004). Therefore, the nutritional value of potato is worth considering with regard to the high consumption of potato and the

relationship between diet and human health. Mineral element content analysis allows evaluation of nutritional quality and is necessary because human intake of these elements may have health repercussions (Hardisson *et al.*, 2001b; Özden, 2010).

A Total Diet study is based on the estimation of the dietary intakes of specific age-sex groups in the population. It involves purchasing samples of food items representing the most commonly products consumed in a defined population. The combination of minerals and trace elements levels obtained for the analysed potatoes and the information on consumption allow the estimation of dietary exposure in population groups (Zukowska & Biziuk, 2008). The dietary intake of each element was calculated by multiplying the concentration of the element in potatoes by the mean consumption for this food group established in Canary diet survey. Estimation of mineral and trace elements intakes are carried out to determine whether the body needs are covered. Recommended dietary allowances (RDAs) are the daily levels of intake of essential nutrients judged to be adequate to meet the known nutrient needs of practically all healthy persons (Hardisson *et al.*, 2001a). RDAs vary with age, sex and physiological status (i.e. pregnancy, lactation) and generally are lower for newborn infants and higher for adult males and pregnant or lactating women.

An average potato consumption per capita of Canary islanders was set in 143.2 g per day according to the last local nutritional survey (ENCA, 2000), and 163.7 g per day for the population of Tenerife island.

This study is intended to quantify the minerals and trace elements in potatoes to help creating a database not only about food composition but also about mineral intake. On the other hand, the wide variation of mineral contents in the tubers from different production areas provides an opportunity to examine agricultural practices, environmental conditions, etc. Therefore, the aims of this study were to (i) determine the levels of ten minerals (Ca, Mg, K, Na, Cu, Fe, Mn, Zn, Ni and Cr) in nine varieties of potatoes sold in Tenerife island, four local potatoes and five imported potatoes and (ii) estimate the contribution of the daily intake of potatoes to the RDAs of minerals. For this purpose, a statistical study of correlation and factor analysis was carried out to differentiate the potato samples on the basis of the following criteria: local, recent importation, production area (North vs. South) and cultivars.

Materials and methods

Sampling

An overall of seventy-four samples of local and imported potatoes, thirty-three local (classified as Type

1) and forty-one imported, were studied. Fifty per cent of the samples were obtained from the North production area, and 50% of the samples were collected from the South production area. In total, nine varieties were analysed, four local varieties (*Bonita*, *Colovada*, *Negra*, *Venezolana*) and five imported varieties (*Cara*, *Recura*, *King-Edward*, *Up-to-date*, *Rosada*). All samples were harvested between May 2007 and June 2008 and acquired from supermarkets, vegetable markets and farmer plots. Samples were collected in a proportional and representative way in accordance with quantities cultivated in each producing area of the island. With respect to variety, the sampling carried out in both zones was homogeneous.

Sample treatment and analytic procedure

Fresh potatoes were processed to separate the endocarp (seeds, stone), mesocarp (pulp) and exocarp (skin). The edible portion (pulp) was the only part considered for analysis. Each sample potato was washed in de-ionised water for 15–20 s to remove dirt and soil particles and then peeled. Twenty grams of each sample was placed in a porcelain crucible and then oven-dried at 80 °C for 48 h. Dried samples were subjected to pyrolysis in a muffle-oven at 450 ± 10 °C for 50 h (Piotrowska & Kabata-Pendias, 1997). The white ashes obtained were dissolved in 3% nitric acid (HNO₃) solution to a volume of 50 mL.

Minerals were then analysed by atomic absorption spectrometry using a Perkin-Elmer 2100 (Wellesley, MA, USA). Spectrometer with air-acetylene. All analyses were performed in duplicate. Quantitation was performed using external standards (Merck IV, multi-element standard solution), and all the standard curves were obtained at five different concentrations presenting a correlation coefficient ≥ 0.998 .

Quality control

Quality control of the analytical measurements was performed using blank samples and the following certified reference materials MRC-1515 (Apple Leaves) and BCR-414 (Plankton) from the National Institute of Standard and Technology (NIST) (Table 1). No significant differences were observed between the levels measured and the certified values. The obtained recovery percentages with the reference materials were all above 99%.

Statistical analysis

All results were tested for normality with Kolmogorov-Smirnov and Shapiro-Wilk tests and for homogeneity of variance with the Levene test. Because our data did not show a normal distribution, the following statistical

Table 1 Recovery study using NIST: MCR 1515 and BCR 414 reference certified materials

Element	Certified value mean \pm s	Obtained value mean \pm s	% Recovery
Calcium	1.53 \pm 0.02	1.51 \pm 0.01	98.7
Magnesium	0.27 \pm 0.01	0.26 \pm 0.02	96.3
Sodium	24.0 \pm 1.20	23.8 \pm 1.40	99.2
Potassium	1.81 \pm 0.02	1.82 \pm 0.01	101
Copper	5.64 \pm 0.24	5.67 \pm 0.01	104
Iron*	80.0 \pm 0.00	81.5 \pm 0.01	102
Manganese	54.0 \pm 3.00	55.3 \pm 0.02	102
Zinc	12.5 \pm 0.20	12.9 \pm 0.10	103
Nickel	18.0 \pm 0.80	18.8 \pm 0.60	100
Chromium	0.78 \pm 0.05	0.76 \pm 0.04	97.4

s = Standard deviation. *Noncertified value, given only as a reference.

tests were used: a nonparametric Kruskal-Wallis test, which allows discrimination of individual samples with significantly different results, and the Mann-Whitney U-test, to establish whether there were significant differences between sample groups. *P* values of < 0.05 were considered statistically significant. For statistical analyses, the samples were grouped according to variety and taking into account the influence of production area (North or South Tenerife).

Results and discussion

The mineral and trace element contents obtained for local and imported potatoes commercialised in Tenerife Island are detailed in Table 2.

Local potatoes presented mineral contents greater than those found for imported potatoes with the exception of Ca and Mn whose levels were higher in imported potatoes. Among local potatoes, *Bonita* variety showed the highest metal levels while *Colovada* variety showed the lowest contents. With respect to imported potatoes, *Recura* variety presented the highest concentrations while the lowest mineral contents were detected for *Cara* variety.

Among all analysed elements, from a quantitative point of view, K turns to be the most important macromineral with levels between 3734 mg kg^{-1} obtained for *C. variety* and 6039 mg kg^{-1} in *Venezolana* variety. With regard to this element, there were significant differences between *Cara* variety and the rest of the varieties studied.

Negra variety showed the highest Na content with $23\,500 \text{ mg kg}^{-1}$, while that the Na lowest levels were observed in *Venezolana* variety, 6470 mg kg^{-1} .

Significant differences were found between the mean levels of Ca and Mg and the different studied varieties. In the case of Ca, the highest mean concentrations were detected in *Up-to-date* variety, the differences being

Table 2 Mean contents of mineral elements in potato samples (mg/100 g fresh weight; * $\mu\text{g}/100\text{ g}$ fresh weight)

Element	Local potatoes				Imported potatoes				
	Bonita	Colorado	Negra	Venezolana	Cara	King Edward	Recura	Rosada	Up-to-date
Macro mineral									
Ca	9.03 ± 6.63	4.73 ± 2.36	5.26 ± 1.60	2.97 ± 0.56	3.06 ± 1.07	5.31 ± 2.31	9.62 ± 3.05	3.53 ± 1.61	10.6 ± 9.32*
Mg	18.9 ± 8.39	17.7 ± 5.61	26.4 ± 4.61*	37.3 ± 24.0*	15.7 ± 4.36	17.5 ± 6.52	23.2 ± 3.25	27.4 ± 12.4*	16.1 ± 2.63
Na	14.2 ± 10.0	10.4 ± 2.40	23.5 ± 9.45	6.47 ± 5.18	9.35 ± 3.65	13.4 ± 3.82	12.2 ± 10.1	11.5 ± 6.12	11.9 ± 9.29
K	562 ± 141	505 ± 70.2	663 ± 97.7	666 ± 40.5	373 ± 37.9*	467 ± 42.6	551 ± 159	516 ± 56.8	360 ± 197.6
Micromineral									
Cu	0.13 ± 0.08	0.16 ± 0.02	0.15 ± 0.05	0.26 ± 0.08	0.14 ± 0.03	0.20 ± 0.06	0.24 ± 0.08	0.14 ± 0.04	0.11 ± 0.03
Fe	1.26 ± 0.23	0.49 ± 0.11	0.60 ± 0.51	1.13 ± 0.13	0.31 ± 0.16	0.58 ± 0.22	0.72 ± 0.59	0.92 ± 0.46	1.10 ± 0.31
Mn	0.19 ± 0.09	0.16 ± 0.02	0.10 ± 0.02	0.18 ± 0.02	0.14 ± 0.01	0.19 ± 0.10	0.20 ± 0.14	0.19 ± 0.07	0.19 ± 0.10
Zn	0.35 ± 0.07	0.34 ± 0.05	0.45 ± 0.09	0.52 ± 0.09	0.33 ± 0.05	0.34 ± 0.08	0.47 ± 0.07	0.37 ± 0.10	0.33 ± 0.08
Ni*	7.12 ± 2.92	5.40 ± 1.79	7.61 ± 2.54	7.01 ± 4.12	2.80 ± 0.17	5.11 ± 1.88	7.39 ± 2.64	6.61 ± 1.67	7.34 ± 5.02
Cr*	2.53 ± 0.51	1.81 ± 0.21	1.63 ± 0.66	1.67 ± 0.29	0.69 ± 0.12	3.53 ± 1.95	1.79 ± 0.16	2.19 ± 1.44	2.03 ± 0.53

*Statistical significance ($P < 0.05$).

significant when compared with the mean concentrations obtained for the rest of the varieties. The concentration of Mg in *Rosada*, *Negra* and *Venezolana* varieties was significantly higher than the Mg mean concentrations obtained in the rest of varieties.

According to microminerals, for all varieties, the highest contents were found for Fe, followed by Zn, Mn and Cu. The contents of some trace elements such as Ni and Cr were often below the detection levels (0.01 mg kg^{-1}). *Bonita* variety showed the highest levels of Fe with a mean concentration of $12\,600\text{ mg kg}^{-1}$, while the lowest levels were found in *C. variety* (310 mg kg^{-1}). No significant differences were observed between Fe, Zn and Mn trace elements.

According to the geographical areas, Table 3 summarises the mean values for the elements determined in the different potatoes varieties.

Table 3 Mean concentrations of macro and microelements in potatoes considering its production area (mg kg^{-1} fresh weight; * $\mu\text{g kg}^{-1}$ fresh weight)

Element	North production area	South production area
Calcium	69.9 ± 56.7*	35.3 ± 19.4*
Magnesium	239 ± 122	209 ± 61.0
Sodium	124 ± 85.3	162 ± 80.6
Potassium	5288 ± 1400	4955 ± 1282
Copper	1.52 ± 0.66	1.94 ± 0.89
Iron	10.7 ± 3.43*	3.15 ± 0.54*
Manganese	1.81 ± 0.77*	1.66 ± 0.26*
Zinc	3.83 ± 0.87	4.29 ± 0.98
Nickel*	72.6 ± 29.6*	43.7 ± 12.0*
Chromium*	21.8 ± 0.05*	9.79 ± 4.20*

*Total significant differences.

In general, the mean levels of minerals and trace elements were greater in potatoes grown in the north area of the island with the exception of Na, Zn and Cu. While significant differences were found for Ca, Fe, Mn, Cr, Ni ($P < 0.05$) and the geographical areas, no significant differences between the levels of Cu, Zn and Na and the geographical areas were observed. It is recognised that the mineral composition in the tubers is a reflection of the mineral composition of the soil and environment in which the potatoes grow. Mean concentrations of Na in different varieties of potatoes are influenced by the availability of this metal in the soil (Ereifej, 1998). Therefore, potato samples from the south area present the highest contents of Na because the southern soils are more arid and sandy.

Table 4 shows a comparison of the obtained element contents with results published in the literature. Potatoes' mineral element contents vary widely among different countries (Ereifej, 1998; Anderson *et al.*, 1999; Dunbar *et al.*, 2003; Mohamed *et al.*, 2003; Padín *et al.*, 2001). In general, mean concentrations of mineral and trace elements in the different varieties of potatoes considered in this study were most similar to those obtained in Galicia (Spain) (Padín *et al.*, 2001), although the contents of Ca and Mn were clearly higher in samples from Galicia compared to our results. United States of America and Australia presented the highest contents in microminerals compared with those found for other countries.

Table 5 shows a comparison between our results and data from different food composition tables (Mataix Verdú *et al.*, 1993, 1998; Sener & Scherz, 1999; Moreiras *et al.*, 2006; Ara, 2007).

All the mean macro element's concentrations obtained in this study are within the range of concentrations

Table 4 Comparison of mineral and trace elements in potatoes from different countries (mg/100 g; $\mu\text{g}/100\text{ g}$)

Origin	Variety	Ca	Mg	K	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	Ni ^a	Cr ^a	Reference
Jordania	Alax	129	148	1689	154	2.60	11.2	1.10	2.70	-	-	Enlihi, 1968
	Cristal	116	109	1126	208	2.50	11.2	0.80	1.60	-	-	
	Kennebec	116	121	1298	222	1.80	12.5	0.70	1.90	-	-	
	Labelle	134	126	1233	94.6	0.70	11.2	0.70	2.20	-	-	
	Livata	72.5	135	1247	166	0.90	8.90	0.70	2.20	-	-	
	Mundial	90.2	130	1614	131	1.60	14.1	0.80	1.90	-	-	
	Nordrip	114	112	1345	85.1	1.20	16.2	0.80	2.40	-	-	
	Signa G	51.4	137	1459	136	0.80	7.30	0.70	2.60	-	-	
	Spunta	144	130	1354	169	1.40	6.00	0.80	1.90	-	-	
	Vital	72.9	142	1461	95.3	0.90	14.5	0.70	1.70	-	-	
USA	D.O. Idaho	539	1205	20903	-	4.26	34.9	6.85	12.6	1.03	0.28	Anderson et al., 1999
	Without D.O. Idaho	268	1166	21260	-	5.60	40.6	10.4	17.8	0.80	0.73	
Spain	D.O. Galicia	7.70	27.0	378	15.0	0.16	1.00	0.13	0.40	-	-	Padín et al., 2001
	Without D.O. Galicia	9.20	21.7	475	4.80	0.12	0.80	0.14	0.41	-	-	
Australia	Kennebec	370	2425	41750	-	6.10	20.4	10.4	26.9	-	-	Dunbar et al., 2003
	Wilwash	228	1245	23250	-	3.00	9.30	5.20	25.2	-	-	
Arabia Saudi	Unknown	284	1689	1700	2720	0.88	48.2	5.67	4.50	0.7	-	Mohamed et al., 2003
Greece	Spunta	-	-	18.2	-	0.47	3.20	3.10	0.59	-	-	Arvanitoyannik et al., 2008
	Agria	-	-	25.0	-	1.08	9.00	6.00	1.40	-	-	

D.O: Denomination of origin/designation of origin

Table 5 Mineral contents comparison of potatoes samples obtained in this study and those included in some tables of food composition (mg per 100 g; μg per 100 g)

Reference	Ca	Mg	Na	K	Cu	Fe	Mn	Zn	Ni ^a	Cr ^a
Metals Vardi et al., 1993	9.00	25.0	10.0	570	-	0.60	-	0.30	-	-
Metals Vardi et al., 1998	7.20	18.9	10.0	570	-	0.78	-	0.27	-	-
Sensar & Scherz, 1999	10.0	25.0	5.00	445	0.15	0.40	0.15	0.27	-	-
Moninat et al., 2006	9.00	25.0	7.00	570	-	0.60	-	0.30	-	-
Ans, 2007	13.0	32.0	7.00	570	-	0.75	-	0.30	-	-
TNA study 2010	6.01	22.2	12.5	595	0.07	0.81	0.17	0.28	-	-

presented in these tables. No data have been found for the remainder minor elements. Trace elements contents from this study were greater than those presented in the above-mentioned tables.

The daily requirements (RDAs) for the adult population have been established in 1000 mg Ca day⁻¹; 420 mg Mg day⁻¹; 1500 mg Na day⁻¹; 4700 mg K day⁻¹; 35 μg Cr day⁻¹ for men and 25 μg Cr day⁻¹ for women; 900 mg Cu day⁻¹; 8 mg Fe day⁻¹ for men and 18 mg Fe day⁻¹ for women; 2.3 mg Mn day⁻¹ for men and 1.8 mg Mn day⁻¹ for women; 11 mg Zn day⁻¹ for men and 8 mg Zn day⁻¹ for women (Institute of Medicine, Food and Nutrition Board, 2000). To know the potatoes consumption contributions to the Recommended Daily Intakes and Allowances, the daily potato's consumptions (166.3 g of potato per adult men per day and 122.7 g of potato per adult women per day) estimated in the last nutritional survey published by the Canary Government (ENCA, 1998) were used. Table 6 presents

the average daily mineral and trace element intakes from local and imported potatoes and their contributions to the recommended intakes.

In general, local potatoes offer greater nutritional contributions to the recommended intakes than imported varieties. Furthermore, because of the higher potatoes' consumption in men, contributions to the different intakes were also higher. Within the macrominerals, the highest contribution to the intakes was observed for K (19.8% in men and 14.6% in women if local potatoes were consumed, and 16.3% and 12.0% in women if imported potatoes were consumed), followed by Mg, Na and Ca. Regarding micronutrients, Fe was the trace element with the largest contribution to the proposed intake followed by Mn, Zn and Cu. Potatoes' iron contributions to the recommended intakes are significantly different in men and women (18.5% and 15.1% from local and imported potatoes and 6.06% and 5.00% from local and imported potatoes, respectively).

Table 6 Mean daily intake of potatoes and contribution to the daily requirements of major and minor elements for men and women in the Canary Islands

	Intake (mg day ⁻¹ , µg day ⁻¹)				Contribution to the daily requirements (%)			
	Local potatoes		Imported potatoes		Local potatoes		Imported potatoes	
	Men	Female	Men	Female	Men	Female	Men	Female
Macromineral								
Ca	9.15	6.75	10.7	7.00	0.92	0.60	1.07	0.79
Mg	41.7	30.0	23.3	24.5	9.93	7.20	7.93	5.03
Na	22.6	16.7	19.5	14.4	1.51	1.11	1.30	0.96
K	830	686	367	566	19.0	14.6	16.2	12.0
Micromineral								
Cu	0.20	0.22	0.20	0.21	0.03	0.02	0.03	0.02
Fe	1.48	1.06	1.21	0.90	10.5	6.06	15.1	5.00
Mn	0.27	0.20	0.30	0.20	11.7	11.1	13.0	12.2
Zn	0.70	0.52	0.62	0.45	6.36	6.50	5.63	5.64
Ni ^a	11.3	8.24	8.73	7.18	-	-	-	-
Cr ^a	2.10	2.24	2.41	2.52	9.09	9.20	9.74	10.1

Potatoes are also a good dietary source of Mn and Zn. The consumption of local potatoes showed a lower Mn contribution to the recommended intakes (11.7% for men and 11.1% for women) than imported potatoes (13.0% for men and 12.2% for women). The contribution of potatoes to the Zn recommended intakes turned out to be higher in women than in men.

Conclusions

Metal concentrations in potatoes are influenced by the variety of tuber, the type of soil and the production area. Canarian local potatoes present a greater concentration of minerals than imported potatoes varieties being the potassium and the iron the most abundant macromineral and micromineral, respectively. A daily potato consumption pattern contributes to the recommended dietary intakes of essential metals and trace elements, mostly K, Mg, Fe and Mn.

References

- Arce, M. & Spooner, D.M. (2006). DNA from herbarium specimens settles a controversy about origins of the European potato. *American Journal of Botany*, **93**, 252–257.
- Anderson, K.A., Magnuson, B.A., Tiching, M.L. & Smith, B. (1999). Determining the geographic origin of potatoes with trace metal analysis using statistical and neural network classifiers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **47**, 1568–1575.
- Andr e, C.M., Ghislan, M., Bertin, P. et al. (2007). Andean potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) as a source of antioxidant and mineral micronutrients. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **55**, 366–378.
- Ara, A. (2007). *Los alimentos de la A a la Z*. Madrid, Spain: EDAP.
- Arvanitoyannis, I.S., Vaidi, O. & Mavroudis, A. (2008). Physico-chemical and sensory attributes in conjunction with multivariate analysis of two potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars after 90 days of storage: an exploratory authentication study. *International Journal of Food Science and Technology*, **43**, 1960–1970.
- Castro, R., Saiz, F., Rodríguez, E. & Diaz, C. (2003). Mineral concentrations in cultivars of potatoes. *Food Chemistry*, **83**, 247–253.
- Dugo, G., La Pera, L., Lo Turco, V., Giuffrida, D. & Restuccia, S. (2004). Determination of copper, zinc, selenium, lead and cadmium in potatoes (*Solanum tuberosum* L.) using potentiometric stripping methods. *Food Additives and Contaminants*, **21**, 649–657.
- Dunbar, K.R., McLaughlin, M.J. & Reid, R.J. (2003). The uptake and partitioning of cadmium in two cultivars of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Experimental Botany*, **54**, 349–354.
- ENCA. (1998). *Hábitos alimentarios y consumo de alimentos*. Encuesta Nutricional de Canarias. Servicio Canario de Salud. Consejería de Sanidad y Consumo. Gobierno de Canarias.
- ENCA. (2000). *Hábitos alimentarios y consumo de alimentos*. Encuesta Nutricional de Canarias. Servicio Canario de Salud. Consejería de Sanidad y Consumo. Gobierno de Canarias.
- Frank, K.L. (1998). Mineral content of whole tubers and selected tissues of ten potato cultivars grown in Jordan. *International Journal of Food Science and Technology*, **33**, 55–58.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2000). <http://www.cic.fao.org/qa/groceries/prods/papay.htm>. (Accessed on 12/05/2008).
- Gil González, J. (1997). *El cultivo tradicional de la papa en la isla de Tenerife*. Pp. 24–36. La Laguna: Asociación Canaria.
- Hardison, A., Rubio, C., Ruez, A., Martín, M.M. & Alvares, R. (2001a). Mineral composition of the papaya (*Carica papaya* variety Starry) from Tenerife Island. *European Food Research Technology*, **212**, 175–181.
- Hardison, A., Rubio, C., Ruez, A., Martín, M.M. & Alvares, R. (2001b). Mineral composition in four varieties of avocado (*Persea gratissima*, L.) from island of Tenerife. *European Food Research Technology*, **213**, 225–230.
- Hawkes, J.G. (1992). History of potato. In: *The Potato Crop* (edited by P.M. Hara). Pp. 1–12. London: Chapman & Hall.
- Institute of Medicine, Food and Nutrition Board. (2001). *Dietary Reference Intakes for Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc*. Washington, DC: National Academy Press.
- ITAC. (2007). Instituto Canario de Estadística. Consejería de Economía y Hacienda. Gobierno de Canarias.

- Mataix Verdú, J., Mañua Almendros, M., Llopis González, J., Martín de Vidona Muñoz, E., Sánchez, J.J. & Borragón Martínez, A. (1993). *Tabla de composición de alimentos españoles*, 1st edn. Granada, Spain: Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos.
- Mataix Verdú, J., Mañua Almendros, M., Llopis González, J., Martín de Vidona Muñoz, E., Sánchez, J.J. & Borragón Martínez, A. (1998). *Tabla de composición de alimentos españoles*, 3rd edn. Granada, Spain: Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos.
- Mohamed, A.E., Rashid, M.N. & Mofly, A. (2003). Assessment of essential oil toxic elements in some kinds of vegetables. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **58**, 251–260.
- Morillas, O., Carbajal, A., Calzera, L. & Casado, C. (2006). *Tablas de composición de los alimentos*, 10th edn. Pp. 50–51. Madrid: Pirámide.
- Óden, Ö. (2010). Micro, macro mineral and proximate composition of Atlantic bonito and horse mackerel: a monthly differentiation. *International Journal of Food Science and Technology*, **45**, 578–586.
- Padín, P.M., Peña, R.M., García, S., Iglesias, R., Barro, S. & Hermo, C. (2001). Characterization of Galician (N.W. Spain) quality brand potatoes: a comparison study of several pattern recognition techniques. *Analyst*, **126**, 97–103.
- Piotrowska, M. & Kabata-Pendias, A. (1997). Impact of soils amended with Zn and Pb smelter dust on Cd concentrations in potatoes. *Journal of Geochemical Exploration*, **58**, 319–322.
- Reid, R.J., Dunbar, K.R. & McLaughlin, M.J. (2003). Cadmium loading into potato tubers: the role of the periderm, xylem and phloem. *Plant, Cell and Environment*, **26**, 201–206.
- Rojas, E., Herrera, L.A., Pizarro, L.A. & Ostrosky-Wegman, P. (1999). Are metals dietary carcinogens? *Nutrition Research*, **403**, 157–181.
- Rodrigo Gallego, J.J., Pascualera, J., Lopezera, F.J., Barandilla, L. & Ritter, E. (2006). The history of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Research in Spain. Potato Research*, **49**, 19–25.
- Schnee, F. & Scherr, H. (1999). *Deraktive Sozial-Fachwissen-Kunst Laborwissenschaften für die Praxis*, 2nd edn. Zaragoza, Spain: Acubia.
- Spear, D. & Rosenthal, P. (1999). Origin uncertainties. In: *La patata* (edited by P. Rosenthal, Y. Robert & J.C. Cromar). Pp. 29–51. Madrid, Spain: Mundiprensa.
- Zakowska, J. & Brink, M. (2008). Methodological evaluation of method for dietary heavy metal intake. *Journal of Food Science*, **73**, R21–R29.