Artículo Original / Original Article

Ingestas diarias de selenio a partir de su cuantificación en alimentos cocinados en una región endémica afectada por arsenicismo en Argentina

Daily selenium intakes from quantification in foods cooked in an arsenic-endemic region of Argentina

RESUMEN

Cuantificar los niveles de selenio en alimentos cocinados y consumidos en una zona endémica de arsénico y calcular las ingestas diarias para estudiar si contribuyen a disminuir la acción tóxica del arsénico. Se muestrearon $n=38$ alimentos consumidos en comedores escolares y en una casa de familia de Taco Pozo. La cuantificación se realizó con Flow Injection Hydride Generation Atomic Absorption Spectrometry (FI-HG-AAS). Para el cálculo de ingesta se consideró los pesos de las porciones de alimentos consumidos y el peso corporal de referencia para los individuos (adultos y menores) según la edad. Las concentraciones promedios de selenio en los desayunos/meriendas oscilan entre 32,2 a 69,1 ng/g peso húmedo (ph), los almuerzos/cenas entre 14,0 a 67,6 ng/g ph. La ingesta diaria total se encuentra entre 13,0 a 67,4 $\mu\text{g}/\text{día}$. Los desayunos presentaron mayores concentraciones que los almuerzos/cenas. Las ingestas diarias resultaron inferiores a la dosis diaria recomendada a excepción de uno de los puntos muestreados. Se estima que estas dietas no mitigarían los efectos tóxicos del arsénico, aumentando la posibilidad de apariciones de patologías asociadas a éste.

Palabras clave: Ingestas diarias; Alimentos; Antagónico del arsénico; Antioxidante.

ABSTRACT

Quantify selenium levels in cooked and consumed foods in an arsenic endemic area and calculate the daily intakes to study if they contribute to diminish the toxic action of arsenic. We sampled $n=38$ foods consumed in school canteens and in a family home in Taco Pozo. Quantification was performed with Flow Injection Hydride Generation Atomic Absorption Spectrometry (FI-HG-AAS). The weights of the portions of food consumed and the reference body weight for individuals (adults and minors) according to age were considered for the calculation of intake. We quantified selenium levels in foods cooked and consumed in an arsenic-endemic area and calculated daily intake to study if consumption contributed to a decrease in the toxic activity of arsenic. Thirty-eight foods consumed in school cafeterias and in a family home in Taco Pozo were sampled. Quantification was performed

using Flow Injection Hydride Generation Atomic Absorption Spectrometry (FI-HG-AAS). For consumption calculation, we considered portion weight of each food and the body weight of the individuals studied. The average selenium concentration in breakfast / snacks ranged from 32.2 to 69.1 ng/g wet weight (ww) and between 14.0 and 67.6 ng/g ww for lunches/dinners. The total daily intake was between 13.0 and 67.4 $\mu\text{g}/\text{day}$. The daily intakes were lower than the recommended daily dose except for one of the points sampled. These diets do not help to mitigate the toxic effects of arsenic, thus increasing the possibility of occurrences of associated pathologies.

Keywords: Daily intakes; Foods; Arsenic antagonist; Antioxidant.

Natalia Ávila-Carreras, Graciela Bovi M.

Laboratorio Investigación Química Aplicada (INQA). Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Jujuy, Argentina.

Dirigir correspondencia a: Natalia Ávila C. Laboratorio Investigación Química Aplicada (INQA). Facultad de Ciencias Agrarias, UNJU. Alberdi N° 47, San Salvador de Jujuy, Jujuy. C.P.: 4600. Tel. 54-388-154089561. E-mail: avila.carreras@gmail.com

Este trabajo fue recibido el 27 de agosto de 2017.
Aceptado con modificaciones: 20 de noviembre de 2017.
Aceptado para ser publicado: 04 de enero de 2018.

INTRODUCCIÓN

El selenio es un elemento esencial para los sistemas biológicos, pero también puede resultar tóxico en niveles altos. En 1957 se demostró su carácter esencial, debido a su asociación con proteínas, conocidas como selenoproteínas¹. Hasta la fecha se han identificado catorce seleno-proteínas en animales, actuando como defensa frente el estrés oxidativo, regulando el metabolismo de la glándula tiroides y el funcionamiento hormonal². Existen seleno-proteínas capaces de regular el estado redox de la vitamina C y otras moléculas y con su acción antioxidante participan en la protección celular^{3,1}. El efecto benéfico del selenio se ve favorecido por la vitamina E y la presencia de aminoácidos. Actualmente se utiliza en la prevención de cardiopatías, de distrofia muscular en pacientes con déficit nutricional y en enfermedades crónicas degenerativas celular⁴.

El selenio puede encontrarse en distintas formas química. En los alimentos aparecen especies orgánicas de selenio, principalmente unido a aminoácidos como seleno-cisteína (SeCys) y Seleno-metionina (SeMet)^{5,6}.

Se describe el efecto benéfico del selenio (acción antioxidante)^{7,8} a partir de la incorporación de seleno-proteínas y por la reducción de enlaces disulfuros en proteínas y péptidos⁹. Contribuye a disminuir, por mecanismos diversos, los efectos de elementos trazas tóxicos entre ellos el mercurio y arsénico¹⁰. Una dieta rica en selenio puede reducir los efectos tóxicos producidos por el arsénico en las células¹¹, efectos generados por la producción de radicales libre^{2,12,13}. El arsénico es un tóxico ampliamente distribuido en el mundo, es considerado carcinogénico para humanos y se clasifica en el grupo 1 según¹⁴. La ingestión crónica de aguas arsenicales provoca la enfermedad llamada HACRE (hidro/arsenicismo crónico regional endémico)^{15,16}, además, de otras patologías como astenia, debilidad muscular, cefalea, neuropatías periféricas, alteraciones hepáticas y renales, deterioro del sistema nervioso central, leucemias, diversos tipos de cáncer (pulmón, riñón, vejiga, piel), desordenes cardiovasculares, hipertensión entre otros^{17,18,19}. La vía de ingreso principal al hombre es mediante el agua de consumo y los alimentos²⁰. La OMS además estableció BMDL (límite inferior de confianza de la dosis de referencia) en 3,0 µg/kg peso corporal (pc) por día (2–7 µg/kg pc por día en base a la gama de la exposición alimentaria total estimada)²¹. Así también la OMS establece una ingesta máxima tolerable (IMT) de selenio de 400 µg/día y el aporte dietético recomendado es de 55 µg/día para adultos^{22,23}.

Entre las patologías asociadas a la carencia de selenio, se encuentran los trastornos neurológicos, pudiendo disminuir el coeficiente intelectual, afectar al sistema inmune y provocar la acumulación de peróxidos y radicales libres. También puede provocar enfermedades hepáticas como cirrosis, enfermedades reumáticas inflamatorias como artritis reumatoide, distrofia muscular y cardiopatías⁴.

Entre los alimentos que aportan una importante cantidad de selenio se encuentran los alimentos de origen marino, algas^{4,24}, carnes, lácteos y algunos productos de

origen vegetal. El ajo, la cebolla, la mostaza india tienen la capacidad de acumular selenio y podrían llegar a tener una valiosa actividad anti-cancerígena. Los frutos secos (como pistachos y nueces) también presentan concentraciones importantes de selenio⁴. Aproximadamente el 80% de selenio de la dieta es absorbido en el tracto gastrointestinal⁴. Se han puesto en práctica distintas estrategias para mejorar el aporte de selenio al organismo humano entre las que se encuentran el empleo de fertilizantes enriquecidos con selenio, el uso de dietas enriquecidas para animales de granja, la educación sobre el consumo de micronutrientes y la elaboración de alimentos funcionales enriquecidos con este elemento¹². El contenido de selenio en los alimentos de origen vegetal se ve directamente asociados a los niveles de selenio en el suelo en el que se cultivan, influyendo también los cambios estacionales y la forma de producción²⁵. La absorción de selenio desde el suelo a los cultivos está influenciado por factores como el pH, potencial redox, la presencia de compuestos orgánicos e inorgánicos, la humedad y la salinidad, la concentración de sulfato, las especies vegetales, el estado de oxidación del elemento siendo la absorción de Se(VI) mayor que la de Se(IV), la composición de las aguas de riego y las condiciones climáticas⁴. En los alimentos de origen vegetal el selenio puede sustituir al azufre en los aminoácidos debido a su similitud fisicoquímica y así forma seleno-metionina (Se-Met), seleno-cisteína (Se-Cys) y otros compuestos como la seleno-cistationina⁴, aminoácidos que están involucradas en la protección contra el estrés oxidativo, manteniendo el estado redox y la regulación de la tiroide²⁶.

El objetivo del presente estudio fue cuantificar el selenio en alimentos cocinados y consumidos por una población afectada por hidro-arsenicismo y a partir de estos resultados, calcular la ingesta diaria de selenio a partir de las distintas porciones de alimentos ingeridos, con el fin de establecer si la dieta aporta la dosis diarias recomendadas en todos los puntos muestreados, y estimar si contribuye a mitigar la toxicidad del arsénico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El muestro se realizó en la Localidad de Taco Pozo ubicada en el Departamento de Almirante Brown, provincia del Chaco (Argentina), a una latitud norte de -25,62 y una Longitud oeste de -63,28. Según los registros del INDEC 2001 la población total ascendía a los 8.470 habitantes. Se seleccionó una familia que estuvo dispuesta a participar en el estudio (conformada por 8 integrantes) y que presentaban manifestaciones de exposición crónica al arsénico (motivo por el cual fue considerada para el trabajo) y tres escuelas primarias: Escuela Fe y Alegría (con 621 alumnos asistentes), Escuela Santa Teresa de Carballo (con 255 alumnos), Escuela Rosillo (con 230 alumnos) todas de la localidad de Taco Pozo (Chaco). A estas escuelas concurren más del 90% de los niños de la localidad. Cada punto de muestreo cuenta con pozos del cual extraen el agua diariamente. Las muestras de

agua se analizaron por duplicado, previamente al estudio de los alimentos, mostrando las siguientes concentraciones medias de arsénico total 0,19 µg/mL; 0,218 µg/mL; 0,904 µg/mL; 1,024 µg/mL respectivamente. Los participantes de esta investigación firmaron el consentimiento informado y completaron una encuesta que permitió conocer el modo de preparación de los alimentos y sus hábitos alimentarios.

Metodología de Muestreo

Se tomaron muestras de los alimentos consumidos en el desayuno, merienda (panes de distintas variedades), y las porciones de almuerzo y cena (conformadas por guisos, platos a base de arroz y otros alimentos menos consumidos como carnes, pizzas, albóndigas). Se utilizó el método de duplicación de raciones que consiste en el análisis de una ración duplicada de los alimentos ingeridos por los participantes²⁷. Tiene la ventaja de que el número de análisis es reducido, requiere menor esfuerzo de los participantes y se realiza durante cortos períodos de tiempo. Son especialmente útiles cuando se estudia la ingesta de contaminantes o nutrientes muy concretos en grupos especiales de población²⁷. Estos alimentos se recolectaron de los comedores de las escuelas primarias antes citadas y de la cocina de la familia de Taco Pozo con antecedentes de exposición al arsénico. La recolección de la muestra en las escuelas se realizó durante cinco días y se proyectaron sobre los siete de la semana. En la familia, la recolección fue durante los 7 días de la semana. La materia prima con la cual elaboran los alimentos las adquiere de supermercados y/o negocios de la zona. Para la recolección de muestras sólidas se usaron bolsas de polietileno y/o bandejas de plástico y para los alimentos líquidos se utilizaron botellas plásticas de 500 mL. Las muestras fueron trasladadas refrigeradas hasta el laboratorio y se conservaron en freezer a -20 °C para su posterior liofilización, triturado, homogenizado y análisis.

Las muestras se analizaron por duplicado y el análisis se realizó sobre cada alimento recogido. El análisis de los datos se efectuó por porción y agrupados. Agrupación de alimentos.

Entre los alimentos que comúnmente se consumen en la región de estudio se encuentran: guisos, polentas, sopas, arroz y carne, mates, tortillas. Los alimentos recolectados como desayunos sólidos, almuerzos y cenas, se agruparon como: 1) pan, 2) guisos, 3) platos a base de arroz y 4) "otros alimentos" (incluyendo en este grupo alimentos que se consumen con menor frecuencia).

Método químico - Determinación de Selenio

A 1 g de muestra liofilizada se le adicionó 2,5 mL de agente de mineralización (MgNO₃ 20% m/v + MgO²% m/v) y 5 mL de HNO₃ (50% v/v). Se evaporó a sequedad y se mineralizó en mufla 12 hrs a 450 °C. Las cenizas blancas obtenidas fueron disueltas en HCl 6 M y en una disolución reductora (KI 5% m/v y ácido ascórbico 5% m/v). Transcurridos 30 minutos, la disolución se filtró a través de papel Whatman N° 1 y se llevó a un volumen final de 25

mL, con HCl 6 M. La proporción de reductor adicionado respecto al volumen final de disolución fue de 1:5²⁸.

Las condiciones de análisis FI-HG utilizados para la cuantificación fueron: Agente reductor NaBH₄ 0,2% (m/v) en NaOH 0,05% (m/v) flujo 5 mL/min, disolución ácida HCl 10% (v/v), flujo 10 mL/min, gas transportador Argón, flujo 130 mL/min, AAS T° de atomización 900 °C, longitud de onda 196,0 nm; rendija 0,7 nm, lámpara de descarga sin electrodos, corriente de la lámpara 280 mA.

Las características analíticas del método fueron: límite de cuantificación= 0,003 µg/g peso húmedo; Precisión= 8%; Fidelidad= 97%.

Cálculo de ingestas diarias Parciales y Totales

La ingesta diaria parcial corresponde a la ingesta calculada según el valor de selenio determinado en cada una de las porciones analizadas, de cada uno de los alimentos agrupados: pan, guisos, platos a base de arroz y otros alimentos. La ingesta diaria total se calculó con el contenido de selenio en todos los alimentos consumidos por día (desayuno, merienda, almuerzo y cena). Se calculó esta ingesta considerando las cuatro comidas sólidas (desayuno, almuerzo, merienda y cena). Los pesos de las raciones consumidas son de 100 g para desayuno o merienda, 300 g almuerzo o cena. Se consideró un peso corporal de 25 Kg para la población infantil y 70 Kg para la población adulta. Estos valores son propuestos internacionalmente como referencia para estudios poblacionales.

Se calculó la ingesta diaria parcial de Selenio (IDP) con la siguiente fórmula:

$$IDP = X \cdot Se_p \cdot PC \cdot R$$

IDP= Ingesta diaria parcial de selenio

X= µg/g/día del selenio en el alimento estudiado.

PC= peso de porción consumida (g)

R= repeticiones de la porción consumida

La ingesta diaria parcial de selenio por peso corporal se calculó con la siguiente fórmula:

$$IDP = X \cdot Se_p \cdot PC \cdot R / pc$$

IDP= Ingesta diaria parcial de selenio por kilogramo de peso corporal

X= media en µg/g/día del selenio en el alimento consumido en la semana

PC= peso de porción consumida (g)

R= repeticiones de la porción consumida

pc= peso corporal (Kg)

Mientras que la ingesta diaria total de selenio se calculó con la siguiente fórmula:

$$IDT = X_{\Sigma AC} \cdot PC \cdot R$$

IDT= Ingesta diaria total de selenio
 $X_{\Sigma AC}$ = promedio ($\mu\text{g/g}$) de selenio en todos los alimentos consumidos en el día.
PC= peso de la porción consumida (g)
R= Repeticiones de la porción consumida

RESULTADOS

Selenio en dietas de Taco Pozo

Se analizaron 20 muestras de desayunos, 7 consumidos por la familia, 6 desayunos consumidos por los niños que asisten a la escuelas Santa Teresa de Carballo y 7 desayunos de Rosillo. La Escuela Fé y Alegría no aportó desayunos a esta investigación. Los resultados de las medias se detallan en la Figura 1.

Las concentraciones de selenio determinadas en los desayunos consumidos por la familia oscilan entre 21 y 100 ng/g peso húmedo ph, en la escuela de Rosillo las concentraciones variaron entre no detectado hasta 81 ng/g ph, mientras que en la escuela de Santa Teresa de Carballo varían entre 7 a 62 ng/g ph. Los valores más altos fueron detectados en los desayunos familiares.

Se analizaron 18 muestras de almuerzos, 5 consumidos por la familia, 3 consumidos por niños que asisten a las escuelas Fe y Alegría, 5 consumidos por alumnos de la escuela Santa Teresa de Carballo y 5 consumidos por alumnos de la escuela Rosillo (Figura 1). Los rangos de concentraciones de selenio en los almuerzos de la familia fueron entre 37 a 72 ng/g ph, en la Esc. Fe y Alegría entre 60 a 78 ng/g ph, en la Esc. Carballo entre 7 a 18 ng/g ph y en la Esc. Rosillo entre 7 a 30 ng/g ph.

Figura 1. Concentración media de selenio expresados en ng/g en desayunos y almuerzos consumidos en Taco Pozo ($p= 0,037$; entre la concentración media de los desayunos consumidos en la familia respecto al de las escuelas $p= 0,3795$; entre las concentraciones medias del selenio en los almuerzos consumidos por los niños en la casa de familia respecto al consumo en las escuelas).

Selenio en los alimentos más frecuentemente consumidos en Taco Pozo

Se determinó selenio en las porciones de pan, guisos, platos a base de arroz y otros alimentos y se calculó el aporte porcentual de selenio de cada uno de estos grupos de alimentos encontrando 44, 24, 24, 8 % respectivamente.

Por otra parte, se calculó la ingesta diaria parcial (IDP) de selenio según los alimentos agrupados consumidos por la población infantil y los resultados obtenidos fueron 12,6 - 20,6 - 20,6 - 7 $\mu\text{g Se/día}$. El cálculo de IDP expresado en $\mu\text{g Se (Kg pc/día)}$ se describe en la Figura 2.

Figura 2. Ingestas diarias parciales de selenio según los diferentes grupos de alimentos consumidos por de la población infantil de Taco Pozo, expresada por kg de peso corporal ($p= 0,025$; hay diferencias significativas entre las ingestas diarias parciales según los distintos grupos de alimentos consumidos).

Ingestas diarias totales de selenio en Taco Pozo

Para los cálculos de ingestas diarias total de selenio no se consideró el agua debido a su bajo aporte en selenio. Las ingestas diarias totales calculadas en Taco Pozo se sitúan por debajo de la Dosis Diaria recomendada (DDR) a excepción de la escuela Fe y Alegría (Tabla 1).

Tabla 1. Ingesta diaria total de selenio en Taco Pozo expresadas en $\mu\text{g/día}$.		
Muestras	Ingestas diarias total $\mu\text{g/g}$	
	Rango $\mu\text{g/g}$	Media $\pm$ SD $\mu\text{g/día}$
Familia	34-55	46 $\pm$ 8,6
Esc. Fe y Alegría	36-82	67,4 $\pm$ 18,1
Esc. Carballo	5-19	13 $\pm$ 5
Esc. Rosillo	6-31	18 $\pm$ 9,8

DISCUSIÓN

La localidad de Taco Pozo, es una región endémica de hidro/arsenicismo ya que las concentraciones de arsénico en agua son elevadas. Los habitantes rurales que viven en caseríos alejados del pueblo utilizan el agua que extraen de sus propios pozos. Hay datos históricos del lugar que indican que las concentraciones de arsénico varían en

cada fuente de agua superando ampliamente los Límites Máximos recomendados por la legislación Argentina e internacional. El selenio es considerado un antagonista del arsénico y se recomienda su incorporación en las dietas de poblaciones expuestas al arsénico para minimizar el daño del tóxico. Por esta razón se cuantificó la concentración de selenio en las porciones de alimentos consumidos por la población (desayunos, almuerzos, meriendas y cenas) y se calcularon las ingestas poblacionales. La importancia de este estudio se basa en analizar si las concentraciones de este elemento benéfico son suficientes para contribuir a disminuir la toxicidad del arsénico incorporado por estos mismos alimentos y por el agua de la zona. Las mayores concentraciones medias de selenio se detectaron en los alimentos preparados por la Familia en estudio, seguido por la escuela Rosillo y finalmente la escuela Santa Teresa de Carballo. Por otro lado, en los almuerzos de la escuela Fe y Alegría es la que presenta una concentración media de selenio mayor a los demás puntos muestreados seguido por la Familia, la escuela Rosillo y finalmente la escuela Santa Teresa de Carballo. Estos resultados señalan que la población infantil de la Escuela Santa Teresa de Carballo recibe menor aporte de selenio a través de la dieta por lo que tendrían mayor riesgo a padecer patologías asociadas a la intoxicación por arsénico, ya que el agua consumida por esta población infantil tiene una concentración de arsénico de 0,904 µg/mL. Sin embargo, se observa que, a pesar que la familia seleccionada en el estudio como representante de la población adulta expuesta al arsénico por presentar patologías asociadas, consume una dieta más rica en selenio sin ser suficiente para disminuir las manifestaciones asociadas a la intoxicación crónica. Los desayunos sólidos analizados en Taco Pozo y conformados por panes (elaborados a base de trigo) contienen valores menores de selenio cuando se comparan a los reportados por Sigrid-Keck y Finley²⁹ (0,14 a 8,03 µg/g) y mayores si se comparan a los publicados por Sigrist y cols.³⁰ (0,022 a 0,042 µg/g), esta última investigación realizada también en Argentina (Provincia de Santa Fe). Los resultados observados en Taco Pozo son similares a los reportados por Días Alarcón³¹ de 0,003 a 0,007 µg/g y cercanos a los rangos hallados en estudios realizados en España (0,05 µg/g)²⁵, en Egipto (0,063 a 0,087 µg/g)²⁵, y menores a los de Irlanda (0,013 a 0,099 µg/g)²⁵.

Se determinó que las concentraciones de selenio encontrada en los panes fueron superiores a los otros grupos de alimentos procesados, sin embargo, el consumo de panes es menor que de los otros alimentos estudiados.

Los valores hallados en los platos de arroz resultan menores a los obtenidos por Lemire y cols., quienes determinaron una media de 0,11 µg/g en un rango de 0,003 a 0,23 µg/g, pero próximos a los obtenidos por Sirichakwal³² quien informa valores de media en 0,05 µg/g en un rango de 0,03 a 0,07 µg/g.

La concentración de selenio en los platos elaborado a base de arroz en este trabajo, resultan menores a los

reportados en poblaciones del Amazona²⁴ con una media de 0,11 µg/g y un rango de 0,003 a 0,23 µg/g. Estudios también indican que la concentración varía según el tratamiento de cocción, con un promedio de 0,14 µg/g cuando es cocido en forma convencional y de 0,16 µg/g cuando es cocinado en microonda³³. Los resultados de esta investigación son superiores a los obtenidos por Sirichakwal y cols.³² quienes informan un valor medio de 0,05 µg/g, con un rango de 0,03 a 0,07 µg/g. Superiores son también si se comparan a los valores medio registrados en España³² (0,067 µg/g), en Italia³² (0,02 µg/g) y en Grecia³² (0,019 µg/g). Los resultados de este trabajo son mayores a los reportados por Días Alarcón³¹ con un valor promedio de 0,018 µg/g, y un rango de 0,012 a 0,024 µg/g.

Los guisos en Taco Pozo fueron elaborados con pastas y se observa que los resultados obtenidos (0,03 µg/g) en estos alimentos se encuentran por debajo de las concentraciones medias reportadas por Sigrid-Keck y Finley²⁹ de 36,13 µg/g (5,7 a 139 µg/g) y por Sigrist³⁰ de 0,055 µg/g (en un rango de 0,047 a 0,064 µg/g). Sin embargo, el promedio se encuentra dentro del rango reportado por estudios realizados en España con valores entre 0,01 a 0,1 µg/g, resultando mayores a los informados en Grecia²⁵ 0,0058 µg/g.

Los alimentos agrupados en "otros" representan a los alimentos menos consumidos, generalmente milanesas, albóndigas, por lo que este grupo fue comparado con valores reportados en carne^{26,29,30} siendo inferior a las concentraciones de 0,18 a 0,22 µg/g, de 0,22 a 0,89 µg/g y de 0,042-0,156 µg/g informadas por los distintos autores respectivamente. También resultan inferiores a estudios reportados en países como Grecia, Australia, Slovenia, Irlanda, USA e inclusive China³⁰.

El grupo de platos a bases de arroz y de guisos son los que se consumen con mayor frecuencia convirtiéndose así en los que mayores aportes hacen de selenio en la dieta diaria. La comparación del contenido de selenio por grupos de alimentos mostró que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) en la concentración media de selenio en los distintos grupos de alimentos estudiados.

Al estudiar el aporte porcentual de Selenio en los distintos grupos de alimentos, se encontró que los panes elaborados con harina de trigo es mayor (44%) al reportado por Sigrist³⁰ quien realizó un estudio similar en alimentos consumidos por una población de Santa Fe (Argentina) donde se informa que el pan aporta un 13% de selenio. En la comparación del aporte a través de los platos de arroz también hay diferencia entre ambas investigaciones ya que en Santa Fé no se detecta aporte de selenio, en este estudio se demuestra un aporte de 24% de Selenio. Por otro lado, Sigrist³⁰ informa un aporte de 47% de selenio a través de las carnes, valores mayores a las reportadas en este trabajo (8%). En este estudio se observa que los mayores contribuyentes de selenio a la ingesta diaria lo constituyen los alimentos ricos en cereales (como los platos a base de arroz y los guisos). Sin embargo, la cantidad de selenio consumido no llega a cumplir los requerimientos diarios, a excepción de

la Escuela Fe y Alegría, lo que limita su acción antagonista en esta población afectada por hidro/arsenicismo.

Por otro lado, las ingestas diarias totales calculadas para la población infantil de la Escuela Fe y Alegría y la Familia, son similares a las publicadas en Australia (48 µg/día), Egipto (49 µg/día), Reino Unido (50-60 µg/día), Alemania (37-47 µg/día) y a los informados por Pappa³⁴ de 39,3 µg/día, y son inferiores a los encontrados en USA (105 µg/día), mayores a los de China (7 µg/día) y a los reportados en Santa Fe Argentina¹⁷ (24-32 µg/día) y a las informadas por Díaz Alarcón³¹ de 32,35 µg/día. Las ingestas calculadas en las Escuelas Santa Teresa de Carvallo y Rosillo están por debajo que los reportados en Argentina y en todos los países mencionados anteriormente salvo China³⁰.

Se estima que los niños de la Escuela Fe y Alegría, que reciben a través de los almuerzos mayor aporte de selenio en la dieta, tendrán una menor probabilidad de presentar efectos adversos asociados al arsénico.

CONCLUSIÓN

Este estudio demuestra que las concentraciones de selenio fueron mayores en los desayunos comparados con los almuerzos consumidos en Taco Pozo, teniendo los almuerzos de la escuela Fé y Alegría la mayor cantidad de selenio comparado a los almuerzos de los otros puntos muestreados. Las ingestas diarias de selenio son inferiores a la dosis diaria recomendada. Se sabe que el selenio presenta actividad antioxidante frente a tóxicos como arsénico, mercurio, y estas dietas son pobres en selenio y no están contribuyendo a mitigar los efectos tóxicos del arsénico que afecta a la región endémica del Chaco, incrementando el riesgo de enfermedades asociadas a la exposición crónica al arsénico. Es necesario aportar datos científicamente válidos sobre esta problemática para planificar mejor las dietas escolares y reforzar cuando sea necesaria la ingesta de selenio mediante la incorporación de cereales, carnes, leche, incluso suplementos dietarios para la población infantil expuesta al arsénico.

Agradecimientos Dra. Rosa Montoro–Dinoraz V. Instituto de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos (IATA CSIC), Conservación y Calidad de los Alimentos, Elementos Traza. Paterna, Valencia, España.

BIBLIOGRAFIA

1. Ivory K, Nicoletti C. Selenium is a source of aliment and ailment: Do we need more?. *Trends Food Sci Technol* 2017; 62: 190-193.
2. Calatayud M, Devesa V, Virseda JR, Barberá-Reyes, Montoro R, Velez D. Mercury and selenium in fish and shellfish: occurrence, bioaccessibility and uptake by caco-2-cells. *Food Chem Toxicol* 2012; 50: 2696-2702.
3. Moreda-Piñeiro J, Moreda-Piñeiro A, Romarís-Hortas V, Moscoso-Pérez C, López-Mahía P, Muniategui-Lorenzo S, Bermejo-Barrera P, Prada-Rodríguez D. In-vivo and intro testing to assess the bioaccessibility and the bioavailability of arsenic, selenium and mercury species in food sample. *Trends Anal Chem* 2011; 30(2): 324-345.
4. Navarro-Alarcon M, Cabrera-Vique C. Selenium in food and the

- human body: A review. *Sci Total Environ* 2008; 400: 115-141.
5. Zhu YG, Pilon-Smits EAH, Zhao FJ, Williams PN, Meharg AA. Selenium in higher plants: understanding mechanisms for biofortification and phytoremediation. *Trends Plant Sci* 2009; 14: 436-442.
6. Camean AM, Repetto M. *Food Toxicology*. Díaz de Santos, Madrid, España. 2006. p.62-74
7. Labunskyy VM, Hatfield DL. & Gladyshev VN. Selenoproteins: Molecular pathways and physiological roles. *Physiol Rev* 2014; 94: 739-777.
8. Moghadaszadeh B, Beggs AH. Selenoproteins and their impact on human health through diverse physiological pathways. *Physiol (Bethesda)* 2006; 21: 307-315.
9. Tinggi U. Selenium: Its role as antioxidant in human health. *Environ Health Preven Med* 2008; 13(2): 102-108.
10. Dan H, Shuanglian X, Shuxin, T, Jinchang L, Cheng C. Interactive effects of selenium and arsenic on growth, antioxidant system, arsenic and selenium species of *Nicotianatabacum* L. *Environ Exp Bot* 2015; 117: 12-19.
11. Bergés-Tiznado ME, Márquez-Farías JF, Torres-Rojas Y, Galván-Magaña F, Páez-Osuna, F. Mercury and selenium in tissues and stomach contents of the migratory sailfish, *Istiophorus platypterus*, from the eastern Pacific: concentration, biomagnification, and dietary intake. *Mar Pollut Bull* 2015; 101: 349-358.
12. Bargellini A, Marchesi I, Rizzi L, Cauteruccio L, Masironi R, Simioli M, Borella P. Selenium interactions with essential and toxic elements in egg yolk from comercial and fortified eggs. *J Trace Elem Med Biol* 2008; 22: 234-241.
13. Thiry C, Ruttens A, De Temmerman L, Jacques Schneider Y, Pussemier L. Current knowledge in species-related bioavailability of selenium in food. *Food Chem* 2012; 130: 767-784.
14. Organización Mundial de la Salud, IPCS. Arsenic and arsenic compounds. Ginebra (Suiza), Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas (Nº 224 de la serie de la OMS Criterios de Salud Ambiental). 2001.
15. Biagini M, Rivero M, Salvador S. Córdoba. Chronic hydroarsenicism and lung cancer. *Arch Argent Dermatol* 1978; 48: 151-158.
16. Tsai SM, Na, TN, and Ko YC. Cancer mortality trends in a blackfoot disease endemic community of Taiwan following water source replacement. *J Toxicol Environ Health* 1998; 55: 389-404.
17. Buchamer EE, Blanes PS, Osicka RM, Gimenez MC. Environmental Risk Assessment of Arsenic and Fluoride in the Chaco Province, Argentina: Research Advances. *J Toxicol Environ Health* 2012; 75: 1437-1450.
18. Wong WK, Chung WC, Chan TP, Ho YY, Xiao Y. Dietary exposure to inorganic arsenic of the Hong Kong population: Results of the first Hong Kong Total Diet Study. *Food Chem Toxicol.* 2013; 51: 379-385.
19. Li Gang, Sun Guo-Xin, Williams Paul N., Nunes Luis, Zhu Yong-Guan. Inorganic arsenic in Chinese food and its cancer risk. *Environ Int.* 2011; 37: 1219-1225.
20. Devesa V. y Montoro R. Effect of thermal treatments on arsenic species contents in food. *Food Chem Toxicol* 2008; 46: 1-8.
21. JEFCA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives), 2010. Summary report of the seventy-second meeting, Rome, 16-25 February 2010.
22. Food and Nutrition Board. Dietary reference intakes for vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids. Institute of Medicine. National Academy Press. Washington (2000) D.C. p 35-94.
23. Giraldo A. Selenium: metabolism and supplementation in the critical patient. *Perspec Nutr Humana* (Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia) 2007; 9(2): 167-180.

24. Pounis G, Costanzo S, Persichillo M, de Curtis A, Sieri S, Vinceti M, Zito F, Di Castelnuovo AF, Donati M.B, de Gaetano G, Iacoviello L. Mushroom and dietary selenium intakes in relation to fasting glucose levels in a free-living Italian adult population: The Moli-Sani Project G. *Diabetes Metab* 2014; 40: 34-42.
25. Yu-Jhe H y Shih-Jen J. Determination of selenium compounds in food supplements using reversed-phase liquid chromatography-inductively coupled plasma mass spectrometry. *Microchem J* 2013; 10: 1-7.
26. Lemire M, Fillion M, Barbosa F Jr, Davée C, Jean R, Mergler D. Elevated levels of selenium in the typical diet of Amazonian riverside populations. *Sci Total Environ* 2010; 408: 4076-4084.
27. González-Moreno M. Estimation of nutrient intake through total diet studies. *Endocrinol Nutr* 2006; 53(5): 300-308.
28. Díaz OP, Leyton I, Muñoz O, Nuñez N, Devesa V, Suner, MA, Velez D y Montoro R. (2004). "Contribution of water, bread, and vegetables (raw and cooked) to dietary intake of inorganic arsenic in a rural village of northern Chile. *J Agric Food Chem* 52: 1773-1779.
29. Sigrid-Keck A, Finley JW. Database values do not reflect selenium contents of grain, cereals, and other foods grown or purchased in the upper Midwest of the United States. *Nutr Res* 2006; 26: 17-22.
30. Sigrist M, Brusa L, Campagnoli D, Beldoménico H. Determination of selenium in selected food samples from Argentina and estimation of their contribution to the Se dietary intake. *Food Chem* 2012; 134: 1932-1937.
31. Díaz-Alarcón JP, Navarro-Alarcón M, López-García de la Serrana H, López-Martínez MC. Determination of selenium in cereals, legumes and dry fruits from southeastern Spain for calculation of daily dietary intake. *Sci Total Environ* 1996; 184: 183-189.
32. Sirichakwal P, Prapaisri P, Polngam J, Kongkachuichai R. Selenium content of Thai foods. *J Food Comp Anal* 2005; 18: 47-59.
33. Anjum K, Kalpana P. Bioaccessibility of selenium, selenomethionine and seleno-cysteine from foods and influence of heat processing on the same. *Food Chem* 2016; 194: 1293-1299.
34. Pappa EC, Pappas AC, Surai PF. Selenium content in selected foods from the Greek market and estimation of the daily intake. *Sci Total Environ* 2006; 372: 100-108.