REVISTA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL Vol. 116 No. 2 2013 (Mayo-Agosto)
ISSN: 2477-913X

Fitoacumulación de metales pesados (Cd, Cr, ni, Pb) del sedimento del Estero Salado (sector Urdesa Norte) en cultivo de maíz (zea mays l)

Phytoaccumulation of heavy metals (Cd, Cr, Ni, Pb) in sediment of the Estero Salado (Urdesa Norte sector) in corn crop (zea mays l).

Galo Vélez Suárez
Naskia Andrea Morán

Fecha de recepción: 16 de abril/2013
Fecha de aceptación: 5 de agosto/2013

REVISTA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL Vol. 116 No. 2 2013 (Mayo-Agosto)
ISSN: 2477-913X

Fitoacumulación de metales pesados (Cd, Cr, ni, Pb) del sedimento del Estero Salado (sector Urdesa Norte) en cultivo de maíz (zea mays l)

Phytoaccumulation of heavy metals (Cd, Cr, Ni, Pb) in sediment of the Estero Salado (Urdesa Norte sector) in corn crop (zea mays l).

Galo Vélez Suárez [1], Naskia Andrea Morán.[2]

Como citar: Vélez Suárez , G. ., & Morán del Pozo , N. A. . (2013). Fitoacumulación de metales pesados (Cd, Cr, ni, Pb) del sedimento del estero salado (sector Urdesa Norte) en cultivo de maíz (zea mays l). *Revista Universidad De Guayaquil, 116(2)*, 37–42. DOI: https://doi.org/10.53591/rug.v116i2.667

Resumen

Una de las características en la ciudad de Guayaquil, para la contaminación por metales tóxicos pesadosen el Estero Salado, es debido a las descargas de residuos, destacando aquellas que proceden de las actividades industriales y domésticas. Se realizó la investigación utilizando el sedimento del Estero Salado (previo tratamiento de oxigenación) en cuatro macetas con plantas de maíz (Zea mays L.) con la finalidadde conocer la absorción de metales pesados en los diferentes tejidos de la planta (fitoacumulación).Las muestras de plantas se evaluaron a los 86 días de siembra, se observó, necrosis, clorosis, adelgazamiento de las hojas e inhibición del crecimiento, la altura total de las plantas oscila entre 40.8 cm y 68.3 cm., de-bido posiblemente a la falta de nutrientes, así como a la influencia de los metales pesados, principalmente el CADMIO y PLOMO. Se utilizó un espectrofotómetro de Absorción Atómica Perkin Elmer, 1996, para las determinaciones de los metales estudiados, utilizando la técnica Basado en Analytical Methods Atomic Absorption Spectroscopy. Se observa que el Factor de Translocación (FT) más elevado es para el plomo 1.805, le siguen el cadmio 0.426, cromo 0.099 y níquel 0.098, por lo tanto, el plomo es el material transferibleen las plantas de maíz, no hay que descartar la cantidad de cadmio. En cambio, los valores del Factor de Bioconcentración (FBC), son bajos, indican que el riesgo de que los metales puedan ser fitoacumulados por la planta, no sea significativo.

Palabras clave: residuos, fitoacumulación, metales tóxicos pesados, maíz, necrosis, clorosis, adelgazamiento, inhibición, FT, FBC.

Summary

One of the features in the city of Guayaquil, for contamination by toxic heavy metals in the Estero Salado,is due to the discharge of waste, highlighting those that come from industrial and domestic activities. Research was conducted using sediment from the Estero Salado (after oxygen treatment) in four potted plants of corn (Zea mays L.) in order to know the uptake of heavy metals in different tissues of the plant (phytoaccumulation), plant samples were evaluated after 86 days sowing, we noticed , necrosis, chlorosis,leaf thinning and growth inhibition, the total height of the plants was between 40.8 cm and 68.3 cm. possibly due to the lack of nutrients, as well as the influence of heavy metals, mainly CADMIUM and LEAD.We used an atomic absorption spectrophotometer Perkin Elmer, 1996, for determinations of the metalsstudied, using the technique based on Atomic Absorption Spectroscopy Analytical Methods. It is observed that the translocation factor (TF) is higher for lead 1.805, 0.426 followed cadmium, chromium and nickel
0.098 0.099 therefore lead is transferable material in corn plants, the amount of cadmiumshouldnt be ruled out. Instead values Bioconcentración Factor (BCF) are low, and indicate that the risk that metals can be phytoaccumulated by the plant, isn't significant.

Key Words: waste, phytoaccumulation, toxic heavy metals, maize, necrosis, chlorosis, thinning, inhibition, , FT, FBC

[1]Maestría en Ciencias en Agricultura Tropical Sostenible. Universidad de Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: galedu20@yahoo.es
[2]Estudiante de la Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: kiabela_93@hotmail.com

Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra.

ISSN: 2477-913X

Introducción

El Estero Salado cuerpo de agua, que en las décadas del 50 y 60, fue considerado un balneario de tipo popular, también para la pesca y recogida de crustáceos, bivalvos como el mejillón, ostión, hoy desaparecidos por las actividades antropogénicas, generando una gran variedad de contaminantes, entre ellos metales pesados como el Pb, Ni, Cr, Cd, (éste último la eliminación prioritaria por su elevada toxicidad US. EPA 1979), siendo considerado carcinogénico, embriotóxico, teratogénico y mutagénico, puede causar hiperglicemia, reducir el sistema inmunológico y anemia, debido a que interfiere con el metabolismo del HIERRO (Sanders, 1986), mencionado por Acosta et. al. (2007). Estees uno de los grandes problemas ambientales, que debemos de tener conciencia para reducir las actividades que alteren el medioambiente, tales comoindustriales y domésticas.

La presencia de metales pesados en agua y suelo, ha provocado una mayor preocupación en los actuales momentos, a nivel mundial, debido principalmente a la bioacumulación que podrían afectara la flora y fauna e incluso al ser humano a travésde la cadena trófica.

El término de metal pesado refiere a cualquier elemento químico metálico que tenga una relativa alta densidad y sea tóxico o venenoso en concentraciones incluso muy bajas. Los ejemplos de metales pe- sados o algunos no metales, incluyen el MERCURIO (Hg), CADMIO (Cd), ARSENICO (As), CROMO (Cr),
TALIO (Tl), y PLOMO (Pb), entre otros (Lucho et al., 2005a), mencionado por (Prieto et al., 2009).

En la corteza terrestre los metales pesados, se encuentran en forma de minerales o compuestos químicos, fácilmente se incorporan a un cuerpo de agua, mediante el vertido de los residuos industriales, por las actividades mineras y agrícolas. Con las aguas de riego contaminadas, la absorción de metales pesados por las plantas, constituye la primera entrada en la cadena alimentaria.

El sedimento del Estero Salado está anoréxico, debido a la descomposición orgánica y presencia de metales pesados, tales como el Cd, Pb, Cr y Ni. Fuente propia (2011). Por lo que era necesario emprender la presente investigación, con la finalidad de conocer la cantidad de metales pesados que podrían absorber las plantas, para ello se tomó la decisión de cultivar el maíz, por ser un cultivo de primer orden en la alimentación humana.

Hasta el momento en el Ecuador, particularmente en la Provincia del Guayas, no se han hecho estudios sobre la utilización del sedimento del Estero Salado con fines agrícolas, con mezclas (sedimento E.S. + suelo agrícola) en distintos porcentajes, para aprovechar los micronutrientes y disminuir la cantidad de metales pesados.

La evaluación de la contaminación del suelo y la adopción de estándares aceptables para niveles permisibles de metales traza en suelos, son la clave para proteger la función ecológica del suelo con el fin de tener una agricultura sostenible. (Prieto –Méndez et. Al 2007)

Los análisis químicos del sedimento del Estero Salado para determinar la calidad de elementos químicos y nutrientes **(Tabla 1),** de esta investigación, se realizaron en los Laboratorios Certificados de Gobierno (INIAP) ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR "DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA"
Laboratorios de suelos, tejidos vegetales y aguas. Boliche.

pH	NH4	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	M.O
7.3	29	31	724	3583	1221	311	76.3	13.7	69	13.8	2.80	3.84

Tabla 1. Informe de análisis del sedimento del Estero Salado. Urdesa Norte. µg/mLFuente: *INIAP*

Los análisis químicos del sedimento del Estero Salado para la determinación de metales tóxicos pesados, Cd, Cr, Ni, Pb, así como en la raíz, tallo y hojas del maíz, se realizaron en el Laboratorio Químico del Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias Naturales.

El propósito de este trabajo es determinar la concentración de metales pesados, Pb, Cd, Cr y Ni, fitoacumulados en los tejidos del cultivo de Maíz (Zea mays L), utilizando como sustrato el sedimento del Estero Salado, sin llevar a cabo la nutrición de la planta.

ISSN: 2477-913X

Cada día toma más fuerza de efectuar el análisis químico en los cuerpos de agua, suelos, sedimentos, lodos de tratamientos municipales, por la presencia de metales pesados, por cuanto tienen ungran significado, como indicadores de la calidad de los ecosistemas y rápida acumulación en los organismos vivos.

En nuestro país no tenemos los estándares para metales pesados en sedimentos, por lo que se ha visto la necesidad de tomar como parámetros de la legislación de los ESTADOS UNIDOS: Guidelines for Pollution Classification of Great Lakes Harbor Sediments (1977), de la Environmental Protection Agency (EPA), que clasifica los sedimentos en dos categorías de acuerdo al nivel de contami-nación y la Sediment Quality of Ontario Ministry of the Environment and Energy fornutrients and metals OMEE (1992), que clasifica los sedimentos en dos categorías de acuerdo a los efectos que puede causar en los ecosistemas (Tabla 2). BaenaÁlvarez 2005.

	Moderadamente contaminado (1)	Muy Contaminado (2)	Efecto medio (3)	Efecto severo (4)
Cadmio		>6	0.6	10
Cromo	25-75	>75	26	110
Plomo	40-60	>60	31	250
Níquel	20-50	>50	16	75

Tabla 2.

Fuentes: (1) y (2): *Guidelines for Pollution Classification of Great Lakes Harbor Sediments (ug/g). Adaptado de USEPA. (1977). (3) y (4): Sediment Quality of Ontario Ministry of the Environment and Energy for nutrients andmetals. Adaptado de OMEE (1992). Reportado por Universidad Nacional Agraria La Molina (1999) Tomado de Baena Álvarez 2005.*

MUESTRA MAIZ	CADMIO mg Kg-1	NIQUEL mg Kg-1	CROMO mg Kg-1	PLOMO mg Kg-1
RAIZ	0.43	7.59	2.39	6.55
TALLO	1.38	0.60	*	*
HOJAS	1.02	0.77	*	*

Tabla 3. Análisis de las muestras de planta de maíz

FUENTE: *Gabriela CUEVAS e Ingrid WALTER 2003*
**Valores menores al límite de detección. Estos datos fueron similares a los encontrados por Gigliotti et al. (1999), que determinaron el porcentaje de la distribución de estos elementos con respecto a la planta total y hallaron que el 100 % de estos quedaban retenidos en las raíces. La baja movilidad de estos dos elementos (Ni, Pb) fue la principal causa de que se retuvieran, en su totalidad, en las raíces. Tomados por Gabriela CUEVAS e Ingrid WALTER 2003*

Todas las plantas pueden absorber metales pesa- dos del suelo donde se encuentran, pero en distinto grado, dependiendo de la especie vegetal, y de las características y contenido en metales del suelo. Ruíz H. Esther Aurora y Armienta H. María Aurora.(2012).

La sensibilidad de las especies vegetales a los me-tales pesados varía considerablemente a travésde reinos y familias, siendo las plantas vasculares más tolerantes (Rosa et al., 1999). Las diferentes respuestas de las plantas vasculares a metales pe- sados pueden ser atribuidas a factores genéticos y fisiológicos (Calow, 1993). Tomados por Prieto Méndez et. al. 2009 Prieto Méndez

La importancia que tiene el estudio de metales pesados en los cultivos, como en nuestro caso el maíz, es la fitoacumulación, níquel y cadmio en la raíz, plomo y cadmio en las hojas, estas al ser utilizadas como alimentación para el ganado, podría incidir en la cadena alimentaria a corto, mediano o largo plazo, conociendo que los metales son difíciles de ser eliminados, puestos que los propios organismos los incorporan a sus tejidos.

ISSN: 2477-913X

Por lo que se refiere al plomo la Unión Europea, aprueba la ingesta semanal de 25µg/Kg, propuesta por la OMS en 1986. En cuanto al cadmio recomendó que se realizarán mayores esfuerzos para reducir la exposición del metal en la dieta, pues- to que los productos alimenticios son la principal fuente de ingesta humana de cadmio, por lo que es conveniente tomar medidas para reducir, en lamedida de lo posible, la presencia de cadmio en los alimentos. Unión Europea. 2006.

De igual manera el rastrojo (panca de maíz) en la incorporación al suelo para su respectiva descomposición, incrementaría la presencia de los meta- les tóxicos pesados en la denominada agriculturaverde.

El objetivo de esta investigación exploratoria, es determinar la absorción de metales pesados en los diferentes tejidos de la planta de maíz, a partir del sedimento del Estero Salado que por décadas ha sido "maltratado" su ecosistema, y conocer en que tejido algún elemento tóxico se acumula en mayor concentración.

Material y métodos

Área de estudio:
Del puente de la avenida Kennedy que une con la ciudadela Urdesa, aproximadamente 700 m al no-reste de Urdesa norte.

Preparación de muestras

El sedimento del Estero Salado es arenoso - arcilloso – limoso, por presentar problemas anaerobios, se agregó 100 mL peróxido de hidrógeno al 50 % para la oxigenación durante cinco días, removiendo el sedimento en forma continua, seguidamente se le adicionó pequeñas rocas con la finalidad de dar oxigenación permanente y colocarlo en los cuatro maceteros de PVC de 20 cm (altura) x 27cm (diámetro), con un kilo de sedimento. Se utilizó semilla certificada Gladiador, el riego cada ocho a diez días, en cantidad suficiente para no provocar la lixiviación, se aplicó una sola vez la fertilizante urea equivalente a 8 g. para cada planta.

La investigación exploratoria se llevó a cabo, en campo abierto sector aledaño a la Facultad de Ciencias Naturales, desde agosto 7 de 2012 que fue la siembra en las macetas, hasta el mes de noviembre 1, se evaluaron las plantas, por presentar diferencia de crecimiento, cumpliendo 86 días, fecha en que se llevaron las muestras al laboratorio para su respectivo análisis,

Foto 1.- *Plantas, alcanzaron una altura entre 40.8 cm,y 68.3 cm, en 86 días de desarrollo.*

Se evaluó el desarrollo de las plantas, alcanzando una altura de 40.8 cm, dos plantas y las otras dos 68.3 cm, mostrando síntomas visibles como necrosis, clorosis, adelgazamiento de las hojas e inhibición del crecimiento.

De acuerdo a (Chaudri et al. 2000, Broos et al. 2005, Dan et al. 2008). Reportado por E. Ruiz- María Armienta 2012, mencionan que, debido a la presencia elevada de metales pesados, puede ocasionar reducción en la captación de nutrientes, asícomo desordenes en el metabolismo

Método de Análisis

Se utilizó un espectrofotómetro de Absorción Atómica Perkin Elmer, 1996, para las determinaciones de los metales estudiados, Cd, Cr, Ni, Pb, utilizando la técnica basado en Analytical Methods Atomic Absorption Spectroscopy

Muestra N°.	Cadmio (ppm)	Cromo (ppm)	Níquel (ppm)	Plomo (ppm)
1	20.96	53.38	65.35	160.62
2	23.92	49.84	79.24	124.62

Tabla 4. Análisis de sedimento del Estero Salado. Urdesa Norte
FUENTE: *Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Naturales*

Factor de translocación y bioconcentración

Las concentraciones obtenidas fueron usadas para estimar los factores de translocación (FT) y bioconcentración (FBC). El factor de translocación para los metales en las plantas se calculó como la concentración en la parte aérea dividida entre la

ISSN: 2477-913X

concentración en la raíz. El factor de bioconcentración fue expresado por la proporción de la concentración del metal en la raíz sobre la concentracióntotal en el suelo (Tu et al. 2003, Rizzi et al. 2004, Maldonado et al. 2011): Reportado por E. Ruiz- María Armienta 2012.

Resultados y discusión

Tomando como referencia la Tabla 2 (USA) y haciendo la comparación con la Tabla 4, observamos, que los valores de cadmio y níquel tiene efecto se-vero de contaminación, mientras que el cromo y plomo están en la columna de muy contaminados. Los valores presentados en las hojas en la Tabla 5, con relación a los valores de la Tabla 6, indican que los niveles de cadmio están por debajo del valor normal, dada la peligrosidad del metal y las exigencias de la Unión Europea, no hay que descartarlo, el plomo supera los valores normales no sería apta para ser utilizada como uso forrajero. Se acompañan los valores de los niveles de referencia de la Tabla 2, la diferencia podría ser por la variedad o genotipo, la movilidad de los metales pesados de acuerdo al pH. El níquel es un elemento esencial para las plantas en concentraciones menores a 0.001 ppm, si se encuentra en cantidades mayores es común que se produzca clorosis.

Muestra Maíz	Cadmio (ppm)	Cromo (ppm)	Níquel (ppm)	Plomo (ppm)
Raíz	1.837	0.624	7.096	5.55
Tallo	0.410	*ND	0.520	0.490
Hojas	0.783	0.062	0.696	10.020

Tabla 5. Análisis de las muestras de planta de maíz

FUENTE: *Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Naturales*
**ND= valores no detectables*

Muestra Maíz	Cadmio (ppm)	Cromo (ppm)	Níquel (ppm)	Plomo (ppm)
Raíz	1.837	0.624	7.096	5.55
Tallo	0.410	*ND	0.520	0.490
Hojas	0.783	0.062	0.696	10.020

Tabla 6. Valores de referencia de las hojas, mg/Kg.

FUENTE: *Pastor, J y Hernández, A.J. 2009. Acción Conjunta de Al y Metales Pesados del Suelo en la Nutrición Mineral del Maíz:*

Factor de translocación y bioconcentración

Las plantas de maíz, a los 86 días de sembradas, se observa que el FT más elevado se presenta para el plomo, seguidamente para el cadmio, cromo y níquel. Las plantas acumuladoras de metales se caracterizan por FT>1 (Raskin y Ensley 2000, Tu et al. 2003). Reportado por E. Ruiz- María Armienta 2012. Por lo tanto, el plomo es el metal transferibleen las plantas de maíz, sin embargo, es de preocupación la cantidad de cadmio. Los valores presentados en FBC, son completamente bajos, indican que hay bajo riesgo de los metales en estudio se transfieran significativamente a la planta, exceptoel plomo.

FBC = [metales en raíz] / [metales en el suelo]

0.0818 Cd, 0.012 Cr, 0.098 Ni, 0.0389 Pb

FT = [metales en parte aérea] / [metales en raíces]0.426 Cd,

0.099 Cr, 0.098 Ni, 1.805 Pb

Conclusiones

Los valores de los metales pesados cadmio y níquel, de la Tabla 4(sedimento del Estero Salado), en comparación con la Tabla 2 (Valores USA) tiene efecto severo de contaminación mientras que el cromo y plomo están en la columna de muy contaminados.

El FT más elevado es para el plomo 1.805, le siguen el cadmio 0.426, cromo 0.099 y níquel 0.098, por lo tanto, el plomo es el material transferible en lasplantas de maíz, En cambio los valores de FBC, son bajos, indican que los riesgos de los metales puedan ser fitoacumulados por la planta, no sea significativo.

El resultado obtenido en las hojas está ligeramente elevado en el plomo con relación a los valores normales presentados por la World Health Organization (WHO) sin embargo hay que tener en cuenta los valores de cadmio, níquel plomo en las raíces, se pueden considerar bioacumulaciones que afectan a la planta.

Es importante destacar que, en la investigación, no se ha contemplado los parámetros para la producción del maíz, como son la aplicación de macronutrientes (excepto la úrea en una ocasión) y micronutrientes.

El interés nuestro es aportar con ciertos datos que permitan llevar a cabo a otro nivel de investigación,

ISSN: 2477-913X

la aplicación del sedimento del Estero Salado, con tratamiento aerobio o sin tratamiento, mezclando en diferentes porcentajes con los suelos agrícolas,compost (enmiendas), esto tendría dos efectos: el primero bajar los niveles de contaminación de me-tales pesados y el segundo nutrir al suelo agrícola,recomendando evaluar la raíz, hojas, tallo y fruto(granos) del maíz.

Agradecimientos

Los autores agradecemos el apoyo total de la Sra. Dra. Carmita Bonifaz de Elao. Decana de la Facultad, así como las facilidades brindadas por el Instituto de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Naturales, Laboratorio Certificado. Al QyF. Víctor H. Arcos y Blga.l. Mariuxi Mero MSc.

Bibliografía

Acosta Ismael, Moctezuma. Zárate María de Guadalupe, Cárdenas Juan F. y Gutiérrez Conrado. (2007) Bioadsorción de Cadmio (II) en Solución Acuosa por Biomasas Fúngicas. Revista Información Tecnológica, 18 (1): 9 - 14, 2007. Consultado el 3 de Febrero de 2013 en www.scielo.cl/scielo.php?script=s-ci_arttext&pid...lng...

Baena Álvarez Luisa Marina Ing. Quim. (2005). Informe de evaluacion de metales pesados en los sedimentos del canal navarro (canal interceptor sur. Corporación autonoma regional del valle del cauca. Direccion tecnica ambiental. Laboratorio ambiental.Santiago de Cali. Consultado el 17 de noviembre de 2012 en: www.cvc.gov.co/.../EvaluacionmetaslespesadoscanalNavarro.

Calderón E.L y Concha R. (2006). "Evaluación de las concentraciones de metales pesados para determinar la calidad de frutas de consumo masivo en la Ciudad de Piura" Departamento Académico de Ingeniería Química - Universidad Nacional de Piura-Perú. Consultado el 14 de diciembre de 2012 en http://www.unp.edu.pe/institutos/iipd/trabajosinvestigacion/facultadminasquimicaesthercalderon.pdf mdkey: 9a3da25b7469603c639898b9ea10819c

Cuevas Gabriela e Walter Ingrid. (2004). Metales pesados en maíz (Zea mays L.) Cultivadoen un suelo enmendado con diferentes dosis de compost de lodo residual. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. V. 20 N. 2., pp 59-68. Universidad Autónoma de México.Consultado el 22 de enero de 2013 en Departamento de Medio Ambiente. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Agroalimentaria, INIA, Apartado de correos 8111, 28080 Madrid.España. Correo electrónico: walter@inia.es

Pastor, J y Hernández, A.J. (2009). Acción Conjunta de Al y Metales Pesados del Suelo en la Nutrición Mineral del Maíz: Bioensayos en Microcosmos y Reflexiones con Fines de Fitorremediación. En Presente y Futuro de la Nutrición Mineral de las Plantas. L. Romero. Granada. ISBN:978-84-89780-10-7.Consultado el 8 de febrero de 2013 en digital.csic.es/bitstream/10261/.../1/Granada%2009-%20 MAIZ.pdf

Prieto Méndez Judith, González Ramírez César A. Román Gutiérrez Alma D. and Prieto García Fran-cisco * (2009). "contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua" Redalyc Sistema de Información Científica. Tropical y subtropicalAgroecosystems Vol. 10, N.1, pp. 29-44 Universidad Autónoma de Yucatán. México. Consultado el 10 de enero de 2013 en http:/Redalyc.uaemex/mx/inicio/ArtPdRed.Jsp?¡Cve=93911243003

Ruíz H. Esther Aurora y Armienta H. María Aurora. (2012). Acumulación de arsénico y metales pesados en maíz en suelos cercanos a jales o residuos mineros. Rev. Int. Contam. Ambie. 28 (2) 103-117, UNAM. Consultado el 8 de febrero de 2013 en www.scielo.org.mx/scielo.php?pi-d=S0188-49992012000200001

Unión Europea. (2006). Contenido máximo de determinantes contaminantes en los productos alimenticios. Reglamento CE 1881/2006 de la Comisión. Diario Oficial de la Unión Europea 20.12.2006, L 364/5-L364/24.Consultado el 20 de febrero de 2013