

CUANTIFICACIÓN DE METALES PESADOS EN EL CULTIVO DE LA FRESA (*Fragaria x ananassa* Duch. var. festival) EN TENANCINGO Y VILLA GUERRERO ESTADO DE MÉXICO

QUANTIFICATION OF HEAVY METALS IN THE CULTIVATION OF STRAWBERRY (*Fragaria x ananassa* Duch. var. festival) IN TENANCINGO AND VILLA GUERRERO, ESTADO DE MÉXICO

Dotor-López, G.I.¹; Zúñiga-Cruz, A.¹; Cruz-Monterrosa, R.G.²; Díaz-Ramírez, M.²; Rayas-Amor A.A.^{2*}

¹Departamento de Ciencias Ambientales, ²Departamento de Ciencias de la Alimentación. División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma.

*Autor para correspondencia: a.rayas@correo.ler.uam.mx

RESUMEN

Un tema de gran preocupación en la actualidad es el impacto ambiental que genera la agricultura por el uso de agroquímicos en algunos casos en altas cantidades. Aunado a lo anterior, existe contaminación del suelo y agua empleada con sustancias tóxicas, derivadas de acciones antropocéntricas; tal es el caso de los metales pesados. El objetivo del presente estudio fue determinar la presencia y concentración de los metales pesados: Al, As, Cr, Pb, Cu y Zn en frutos de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) var. festival, suelo y agua usada en su producción. Las muestras se recolectaron de cultivos en micro túnel y campo abierto en Tenancingo y Villa Guerrero, Estado de México, respectivamente. Se recolectaron 20 muestras de fruto, 12 de suelo (0-30 cm) y 10 de agua. La determinación de metales pesados se realizó por espectrofotometría de absorción atómica. Los resultados muestran que el Al y Zn fueron los elementos presentes en mayor cantidad (mg kg^{-1}) tanto en frutos de fresa, como en suelo y agua. El Cr se detectó en Villa Guerrero en fruto y agua, mientras que el Pb se registró en frutos procedentes de Tenancingo.

Palabras clave: espectrofotometría absorción atómica; alimentos contaminados, límites permisibles.

ABSTRACT

A theme of great concern today is the environmental impact generated by agriculture from the use of agrichemicals, in some cases in high quantities. In addition to this, there is soil pollution and water used with toxic substances, derived from anthropocentric actions, as is the case of heavy metals. The objective of this study was to determine the presence and concentration of heavy metals: Al, As, Cr, Pb, Cu and Zn in strawberry fruits (*Fragaria x ananassa* Duch.) var. festival, soil and water used in its production. The samples were collected from micro tunnel and open field crops in Tenancingo and Villa Guerrero, Estado de México, respectively. Twenty (20) samples of the fruit were collected, 12 of soil (0-30 cm) and 10 of water. The determination of heavy metals was performed by atomic absorption spectrophotometry. The results show that Al and Zn were the elements present in highest quantity (mg kg^{-1}) both in strawberry fruits and in the soil and water. Cr was detected in Villa Guerrero in fruit and water, while Pb was seen in fruits from Tenancingo.

Keywords: atomic absorption spectrophotometry, contaminated foods, permissible limits.

Agroproductividad: Vol. 10, Núm. 10, octubre. 2017, pp: 29-33.

Recibido: agosto, 2017. **Aceptado:** octubre, 2017.



INTRODUCCIÓN

La contaminación de metales pesados se ha convertido en problema común por altos niveles de contaminación en el aire, agua y suelo, causado por las actividades antropogénicas, resaltando la toxicidad por metales pesados, producto de actividades humanas. Aun cuando algunos metales se encuentran de forma natural (minerales, sales u otros compuestos) (Abollino *et al.*, 2002), las actividades ganaderas, florícolas y agrícolas, debido al uso excesivo de agroquímicos, aportan cantidades de estos, siendo estas dos últimas las principales actividades económicas en los municipios de Villa Guerrero y Tenancingo, Estado de México. La mayoría de las unidades de producción (envases vacíos) no tienen una disposición final reglamentada, se tiran cerca de cuerpos de agua o en el sitio de cultivo derramándose el material sobrante, de tal forma que cuando llueve se infiltra en el suelo hasta llegar a los mantos acuíferos, afectando la calidad de agua tanto superficial como subterránea (Gomora *et al.*, 2005). El objetivo del presente trabajo fue evaluar la presencia y concentración de los metales pesados: Al, As, Cr, Pb, Cu y Zn en frutos de fresa (*Fragaria xananassa* Duch. var. festival), así como en el suelo y agua utilizados para su cultivo en Tenancingo y Villa Guerrero, Estado de México y comparar los valores con la Normatividad vigente.

MATERIALES Y MÉTODOS

La región fresera se encuentra ubicada al sureste del Estado de México (18° 48' y 18° 55' N; 99° 35' y 99° 41' O), entre 1 600 y 2000 m de altitud, abarcando aproximadamente 2854 ha entre los municipios de Ixtapan de la Sal, Tenancingo, Tonalico, Villa Guerrero y Zumpahuacán, donde predomina el clima cálido y semiárido, así como enormes elevaciones y barrancas. El tipo de suelo de esta región es de origen volcánico, por lo que sus características geológicas se vinculan con la formación geológica Balsas. Los tipos de suelo predominantes son

vertisol pélico, que suele ser arcilloso y de color negro a grisáceo, teniendo una textura fina en la parte más superficial del suelo y el feozem hálpico que se caracteriza por ser rico en materia orgánica, haciéndolo útil para practicar la agricultura (Pérez, 2007). Esta zona forma parte de la Cuenca del Río Grande de Amacuzac, que nace del Volcán Xinantécatl, y este a su vez pertenece a la Región Hidrológica del Río Balsas. Algunos de los ríos más importantes de la región son: Tenancingo, Arroyo Grande, San Martín; estos a su vez tienen afluentes en el Río Cuajimalpa, los Cuervos y Zacatonal, que desembocan finalmente en el Río Calderón y San Jerónimo (INEGI, 1982). El muestreo se llevó a cabo en el mes de febrero, que registra la mayor producción en la región de estudio. Los sitios de muestreo se localizaron en dos predios diferentes: "La Fábrica", en el municipio de Tenancingo, y "La Finca", en Villa Guerrero (Figura 1).

Se tomó una muestra representativa de 10 lotes, considerando como lote a cada uno de los surcos del cultivo de los sitios de muestreo al azar, sin hacer excepción en las características fisiológicas del fruto. La muestra presentó un peso aproximado de 300 g en cada lote. Para el caso del suelo se delimitó el sitio de muestreo en tres cuadrantes y en cada uno se tomó una muestra compuesta, de acuerdo con lo establecido en la Norma Mexicana NMX-AA-132-SCFI-2006 (Muestreo de Suelos

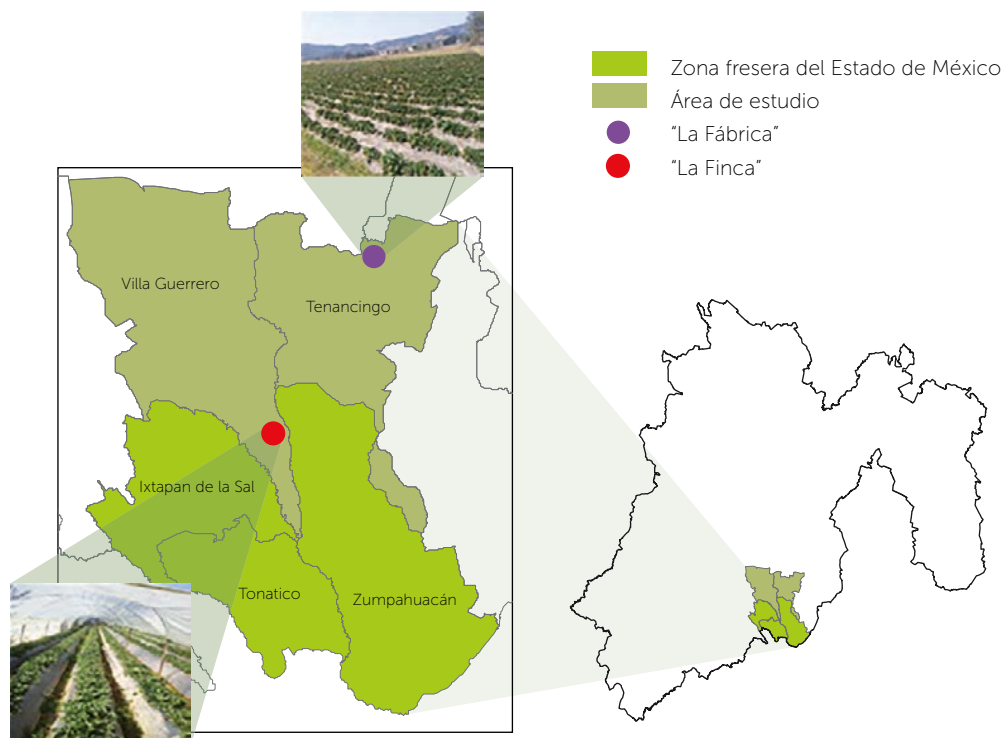


Figura 1. Sitios de muestreo en la zona fresera del Estado de México.

para la Identificación y la Cuantificación de Metales y Metaloides, y Manejo de la Muestra), con un peso aproximado de 500 g por cada muestra. La muestra de agua se tomó de tres puntos: origen, riego y almacenamiento, en cada uno de ellos se obtuvo una muestra de 250 mL. Al mismo tiempo se midió la temperatura y el pH, basado en la Norma Mexicana NMX-AA-003-1980 (Establece Aguas Residuales-Muestreo).

Determinación de materia seca en el fruto

El fruto se pesó inmediatamente después de ser cortado para evitar la deshidratación. Posteriormente, se cortó en capas delgadas para obtener un mejor secado y depositó en la estufa por 48 h, a temperatura constante de 100 °C. Transcurrido este tiempo, la muestra se trasladó al desecador y posteriormente se volvió a pesar para obtener el peso seco de la muestra. El contenido de materia seca se calculó de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NMX-F-257-S-1978.

Tratamiento de las muestras

Suelo: Previo a su análisis, el suelo se colocó en hojas de papel periódico por tres días al aire libre a una temperatura ambiente; una vez secas, se trituraron y se pasaron por un tamiz No. 18; se almacenaron hasta su análisis.

Agua: Las muestras se almacenaron durante siete días en un refrigerador a 4 °C hasta su análisis.

Determinación de metales pesados

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-117-SSA1-1994 (Bienes y Servicios. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica) y a la Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 (que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio). El análisis se realizó de la siguiente manera:

Digestión ácida del fruto, suelo y agua: se tomó 1 g de las muestras de suelo tamizado, la misma cantidad de muestras de fresa ya secas y molidas y 1 mL de las diferentes muestras de agua. Cada muestra se colocó en un tubo de digestión, se agregaron 4 ml de HNO₃ concentrado, 8 ml de H₂O desionizada y 2 mL de HClO₄. Esto se colocó en la campana de extracción a 35 °C; cuando la solución se tornó color blanco se aumentó la temperatura gradualmente a 90 °C hasta su digestión. Terminado el proceso y una vez fría la solución se aforó con HCL 7M en un matraz de 25 mL.

Lectura de las muestras: Se utilizó un ICP Espectrofotómetro de Emisión Óptica (IPC-OES), marca Varian, modelo 725-ES, el cual determina concentraciones de elementos a nivel ppm (mg kg⁻¹) en solución, limpiando entre cada muestra con HCl 7M, misma que fue utilizada al momento de aforar las muestras. Se realizó una curva de calibración con los elementos que se especificaron a concentraciones de entre 1.5 y 1000 mg kg⁻¹.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se muestran los resultados obtenidos de pH y temperatura en muestras de agua en los sitios de estudio. Conforme con ello, el lugar denominado "La Presa", en el municipio de Villa Guerrero, es el único lugar que tiene valor de pH superior a los límites per-

misibles. En la Figura 2 se muestran los resultados obtenidos de la determinación de metales pesados en muestras de agua en los dos sitios de muestreo: se encontró Al, As, Cr, Cu, Pb y Zn; no obstante, los de mayor cantidad fueron Al y Zn.

Según lo establecido en Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, el pH óptimo del agua debe oscilar entre 6.5 y 8.5, teniendo un pH

máximo considerable de 9.5 (OMS, 2006). La Figura 3 muestra el contenido de metales pesados registrados en suelo (As, Cr, Cu, Pb), con valores inferiores al límite máximo permitido; sin embargo, las concentraciones de Al y Zn superaron los límites permitidos por la Norma Oficial Mexicana.

Cuadro 1. Potencial de hidrógeno (pH) y temperatura del agua al momento del muestreo en dos localidades del Estado de México.

Sitio	Identificación del punto de muestreo	pH	Temperatura (°C)
"La fábrica" Tenancingo	Origen	6.89	16.8
	Arrollo uno	7.19	14.2
	Arrollo dos	7.09	13
	Tanque de almacenamiento	7.55	15.8
	Sistema de riego	7.40	15.2
"La finca" Villa Guerrero	Tanque de almacenamiento	8.86	23.4
	Agua en canal riego	9.34	19.4
	Canal del bordo	8.84	15.3
	Bordo uno	9.88	25.1
	Bordo dos	9.83	13.1

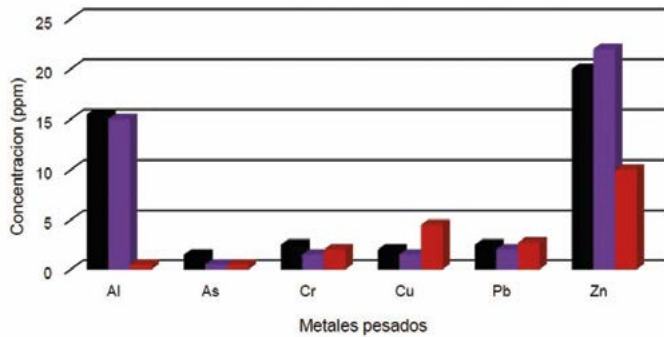


Figura 2. Concentración de metales pesados en muestras de agua en los predios “La Finca” en Villa Guerrero (barra negra), “La Fábrica” en Tenancingo (barra morada), Limite Permisible (barra roja). Al: aluminio, As: arsénico, Cr: cromo, Cu: cobre, Pb: plomo, Zn: zinc.

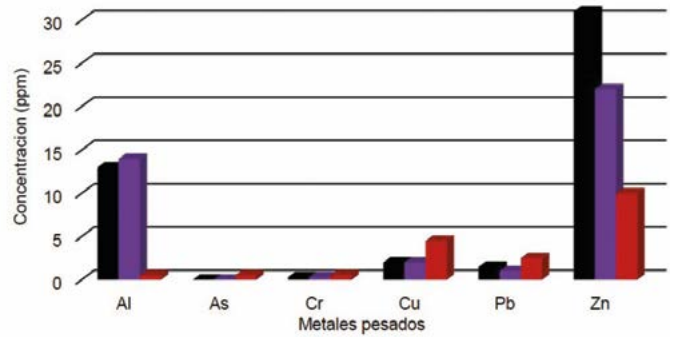


Figura 3. Concentración de metales pesados en muestras de suelo en los predios “La Finca” en Villa Guerrero (barra negra), “La Fábrica” en Tenancingo (barra morada), Limite Permisible (barra roja). Al: aluminio, As: arsénico, Cr: cromo, Cu: cobre, Pb: plomo, Zn: zinc.

Los resultados de materia seca del fruto (Figura 4), obtenidos de 78.8 g kg⁻¹ en el predio “La fábrica” de Tenancingo, y 97 g kg⁻¹ de predio “La finca” de Villa Guerrero.

En la Figura 5 se presenta la concentración de metales pesados en fruto de fresa, encontrándose As y Cu en concentraciones inferiores al límite máximo permitido. Se observó una concentración baja de Cr y PB; sin embargo, Al y Zn sobrepasaron los límites permisibles en ambos predios de estudio.

Los límites permisibles de metales pesados en alimentos son distintos en los países; tal es el caso de lo que se puede observar en el Cuadro 2, donde se muestran los límites para fruto, agua y suelo de acuerdo a la normatividad vigente.

El Cuadro 3 muestra el grado de relación que existe entre la presencia de metales pesados encontrados en las fuentes de abastecimiento de agua para la producción del cultivo, el suelo cultivado y los frutos de fresa, observando que las correlaciones fueron altamente

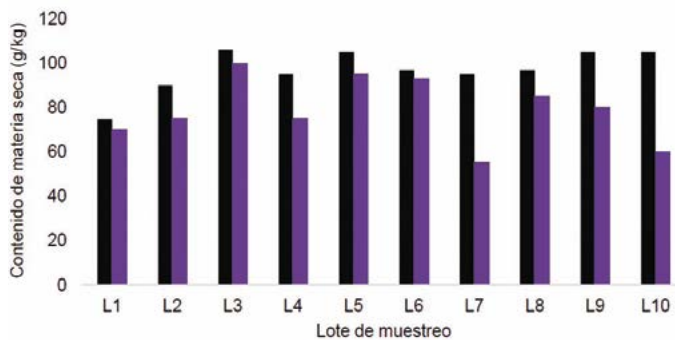


Figura 4. Contenido de materia seca de los frutos de fresa en los predios “La Finca” en Villa Guerrero (barra negra), “La Fábrica” en Tenancingo (barra morada) Al: aluminio, As: arsénico, Cr: cromo, Cu: cobre, Pb: plomo, Zn: zinc.

significativas entre estas variables, lo cual indica que si se detectan metales pesados en las fuentes de abastecimiento de agua existe alta probabilidad de que serán

Cuadro 2. Límites permisibles de metales pesados (mg kg⁻¹) en fruto, suelo y agua, de acuerdo con la NOM-001-SEMARNAT-1996.

	Al	As	Cr	Cu	Pb	Zn
Fruto	0.2	0.2	0.1	10	0.5	10
Suelo	0.2	0.2	0.5	4.0	2.0	10
Agua	0.2	0.2	1.0	4.0	2.0	10

Cuadro 3. Correlación de Pearson de metales pesados entre fruto, suelo y agua.

Sitio	Variable	“La finca”, Villa Guerrero		“La fábrica”, Tenancingo	
		Fruto	Suelo	Fruto	Suelo
“La finca”	Suelo	0.982***			
	Agua	0.994***	0.959**		
“La fábrica”	Suelo			0.988***	
	Agua			0.974**	0.996***

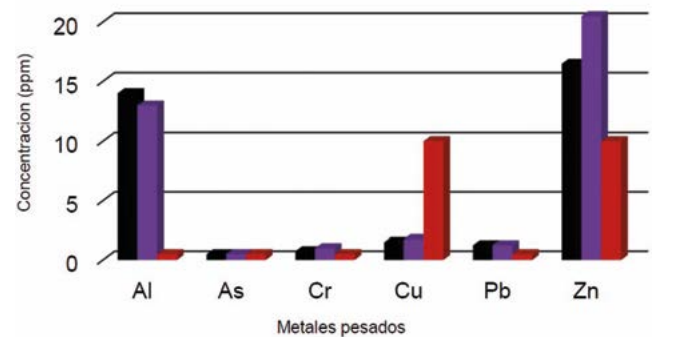


Figura 5. Concentración de metales pesados en muestras de fruto de fresa (*Fragaria xananassa* Duch. var. festival) en los predios “La Finca” en Villa Guerrero (barra negra), “La Fábrica” en Tenancingo (barra morada), Limite Permisible (barra roja). Al: aluminio, As: arsénico, Cr: cromo, Cu: cobre, Pb: plomo, Zn: zinc.

detectados en los suelos y, por lo tanto, en la planta y fruto de fresa.

CONCLUSIONES

Por lo general, la contaminación por metales pesados está asociada comúnmente con las descargas municipales e industriales (desechos inorgánicos, descargas sólidas de residuos peligrosos y basura doméstica e industrial) que van directamente hacia los cuerpos de agua; sin embargo, en este estudio el principal factor que puede explicar las altas concentraciones de Al y Zn es la utilización de agroquímicos que se aplican antes y durante la producción de la fresa debido a que el manejo es intensivo.

LITERATURA CITADA

- Abollino O., Aceto M., Malandrino M., Mentaste E., Sarzanini C., Barberis R. 2002. Distribution and Mobility of Metals in Contaminated Sites. Chemometric Investigation of Pollutant Profiles. *Environmental Pollution*, 119: 177.
- Codex Alimentarius CODEX STAN 193-1995 Norma general para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos.
- Gomora J., Sánchez J., Pacheco V., Pavón T., Adame S., Barrientos, B. 2005. Integración de indicadores de desempeño ambiental para la producción Florícola. [Archivo PDF]. Recuperado de http://web.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/memorias/Extenso/GD/EO/GDO-27.pdf
- OMS. 2006. (3rd ed., p. 338). Ginebra 27, Suiza. Obtenido de: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf
- SEMARNAT. 1996. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 1996. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. "Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes Nacionales". Diario Oficial de la Federación (DOF), 24 de Diciembre de 1996.
- SEMARNAT. 2004. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004. "Criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio". Diario Oficial de la Federación (DOF), 11 de Noviembre de 2005.

