

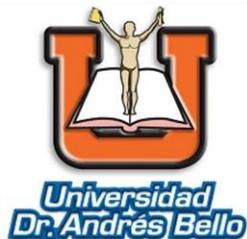
Aflatoxinas y Ocratoxinas totales en maíz destinado al autoconsumo en El Salvador: prevalencia e incidencia de casos de contaminación en 2015 y factores ambientales asociados



AFLATOXINAS Y OCRATOXINAS TOTALES EN MAÍZ DESTINADO AL AUTOCONSUMO EN EL SALVADOR: PREVALENCIA E INCIDENCIA DE CASOS DE CONTAMINACIÓN 2015 Y FACTORES AMBIENTALES ASOCIADOS

ÁREA DE SALUD

2015



*Laboratorio de Investigación en Toxinas y Alérgenos
Dirección Nacional de Investigación y Proyección Social*

UNIVERSIDAD DOCTOR ANDRÉS BELLO
DIRECCIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
ÁREA SALUD

615.956 57

H557a Hernández Rauda, José Roberto, 1963-

sv Aflatoxinas y Ocratoxinas totales en maíz destinado al autoconsumo en El Salvador : prevalencia e incidencia de casos de contaminación en 2015 y factores ambientales asociados / José Roberto Hernández Rauda, Roxana Ivette Martínez López, Alvin Tedis Cruz Salmerón. -- 1ª ed. -- San Salvador, El Salv. : Universidad Doctor Andrés Bello, 2016.
29 p. : il. : 28 cm.

ISBN 978-99961-65-04-7

1. Maíz- - El Salvador-Investigaciones. 2. Intoxicación por alimentos. 3. Almacenamiento de granos-Enfermedades y plagas. 4. Enfermedades transmitidas por alimentos. 5. Bacteriología de Alimentos. I. Martínez López, Roxana Ivette, 1986-, coaut. II. Cruz Salmerón, Alvin Tedis, 1988-, coaut. III. Título.

BINA/jmh

©2016, Universidad Doctor Andrés Bello
Primera edición 2016.

ISBN 978-99961-65-04-7

Cualquier reproducción total o parcial deberá hacerse citando la fuente, previa autorización por escrito.

Código Institucional: **4SR/INV/C/2015**

José Roberto Hernández Rauda¹, Roxana Ivette Martínez López y Alvin Tedis Cruz Salmerón (Investigadores).

Con la cooperación técnica de:

Samuel Alejandro Cano, Delia del Rosario Cañas de Morán, Gloria Marcela Doradea de Hernández, Juan José Escuintla Morán, William Isaac Montoya, Ever Alexander Rodríguez Mena, José Domingo Romero Chica, Deysi Alejandra Varela e Iris María Arias de Rodas.

¹ A quien debe dirigirse la correspondencia. 1ª Calle Poniente y 41 Av. Norte, #2128, Col. Flor Blanca, San Salvador, El Salvador. Tel + (503) 2510-7455, casilla electrónica: roberto.rauda@unab.edu.sv

ÍNDICE

PRÓLOGO

RESUMEN

ABSTRACT

1. INTRODUCCIÓN	1
2. MÉTODOS	3
3. RESULTADOS	8
4. DISCUSIÓN	20
5. CONCLUSIONES	22
6. REFERENCIAS	23
APÉNDICE I.....	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características demográficas y agrícolas de la muestra por conveniencia de cada localidad agrícola.....	6
Tabla 2. Prácticas de preparación y almacenamiento del grano de maíz, por cada localidad agrícola muestreada.	7
Tabla 3. Asociación entre factores físicos y prácticas post cosecha predisponentes a la contaminación del maíz blanco para autoconsumo por AFT.	19

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de los puntos de colecta de las 196 muestras de maíz para detección de Aflatoxinas y Ocratoxinas totales. La agrupación territorial de los puntos muestreados sigue un patrón con gradiente altitudinal ascendente. Los recuadros diferenciados por color corresponden a las cuatro localidades estudiadas, e incluyen el tamaño de la muestra, así como el rango de altitud mínima y máxima, expresado en metros sobre el nivel del mar (msnm). Elaboración propia.	5
Figura 2. Categorización de los resultados del análisis de AFT en 196 muestras de maíz blanco de cuatro localidades agrícolas de El Salvador. Los recuadros al interior de las barras indican tanto el porcentaje como los conteos de: muestras negativas, positivas por debajo del mínimo cuantificable a AFT ($5 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$) y positivas que sobrepasan tanto el mínimo cuantificable como el límite máximo permitido por la norma europea a la AFT ($5 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$). Elaboración propia.....	9
Figura 3. Niveles de Aflatoxinas totales (AFT), expresados en $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$, detectados en 196 muestras de maíz blanco para autoconsumo de cuatro localidades agrícolas de El Salvador. Las cajas coloreadas se extienden del percentil 25 al 75; las patillas indican los percentiles 5 y 95; los marcadores representan lecturas individuales fuera de los percentiles 5 y 95; la mediana se representa por una línea sólida negra dentro de cada caja coloreada. Elaboración propia.	10
Figura 4. Categorización de los resultados del análisis de OT en 114 muestras de maíz blanco de cuatro localidades agrícolas de El Salvador. Los recuadros al interior de las barras indican tanto el porcentaje como los conteos de: muestras negativas, positivas por debajo del mínimo cuantificable a OT ($2 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$), positivas que superan el mínimo cuantificable ($2 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$) pero no sobrepasan el valor máximo permitido por la norma europea a la OT ($5 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$) y positivas que rebasan el contenido límite de OT admitido por la normativa. Elaboración propia.	11
Figura 5. Niveles de Ocratoxinas totales (OT), expresados en $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$, detectados en 196 muestras de maíz blanco para autoconsumo de cuatro localidades agrícolas de El Salvador. Las cajas coloreadas se extienden del percentil 25 al 75; las patillas indican los percentiles 5 y 95; los marcadores representan lecturas individuales fuera de los percentiles 5 y 95; la mediana se representa por una línea sólida negra dentro de cada caja coloreada. Elaboración propia.	12
Figura 6. Prevalencias de casos de contaminación por Aflatoxinas totales (AFT) y Ocratoxinas totales (OT), detectados en las muestras colectadas en 2015 y registrados por localidad. Los datos representados son porcentajes del total de muestras analizadas. Elaboración propia.....	13
Figura 7. Muestras colectadas en 2014 y 2015 e incidencia de contaminación por Aflatoxinas totales en 2015 por localidad. Las barras sólidas representan totales por año y localidad,	

mientras que los números sobre las barras doradas son tasas de incidencia expresadas como casos nuevos por cada 100 muestras·año ⁻¹ . Elaboración propia.	14
Figura 8. Tiempo de secado de mazorcas en la planta, expresado en meses (izquierda) y tiempo de secado complementario del grano al sol, expresado en días (derecha). Los datos representados son medias \pm 2 EEM. El asterisco en la barra de las trazas y positivos indica diferencias significativas con respecto a los negativos ($p < 0.05$, t de Student, positivos $n = 74$, negativos $n = 122$). Elaboración propia.....	15
Figura 9. Humedad relativa (%) registrada al interior de los medios de almacenamiento y temperatura (°C) de la masa de granos de maíz. Los datos representados son medias \pm 2 EEM. Los asteriscos en las barras de las trazas y positivos indican diferencias significativas con respecto a los negativos (* $p < 0.05$ y *** $p < 0.001$, t de Student, positivos $n = 74$, negativos $n = 122$). Elaboración propia.	17
Figura 10. Altitud del sitio de almacenamiento de los granos de maíz, expresada en metros sobre el nivel del mar (msnm). Los datos representados son medias \pm 2 EEM. Los dos asteriscos en la barra de las trazas y positivos indican diferencias significativas con respecto a los negativos ($p < 0.01$, t de Student, positivos $n = 74$, negativos $n = 122$). Elaboración propia.	18

PRÓLOGO

La Cumbre de Desarrollo Sostenible, a propuesta de la Asamblea General de las Naciones Unidas, celebrada en septiembre de 2015, se adoptó a 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible u ODS, para que sirvan como directrices estratégicas para la elaboración de planes de acción de la comunidad internacional y de los gobiernos nacionales para que promuevan la prosperidad y el bienestar común en los próximos 15 años. Dos ODS destacan en el marco de los resultados de este informe que se prologa, “Poner fin al hambre, conseguir la seguridad alimentaria y una mejor nutrición, y promover la agricultura sostenible” (ODS 2) y “Garantizar una vida saludable y promover el bienestar para todos y para todas las edades” (ODS 3). De forma implícita se contempla a la inocuidad alimentaria en estos dos ODS por cuanto a través de esa condición se garantiza una mejor nutrición y una vida saludable.

El trabajo realizado por el personal del Laboratorio de Toxinas y de la Dirección de Investigación y Proyección Social de la Universidad Doctor Andrés Bello, discurre sobre un problema abordado en 1987 y retomado en 2014, buscando determinar la prevalencia y extensión territorial de casos de contaminación por Aflatoxinas y Ocratoxinas Totales en el maíz destinado para auto consumo, bajo la modalidad de detectarla en el punto de origen del grano.

Los hallazgos no dejan de sorprender, por cuanto los casos de contaminación por Aflatoxinas Totales son ubicuitarios en el país, aunque más pronunciado en zonas territoriales con muy baja altitud, es decir menos de 100 metros sobre el nivel del mar y menos frecuentes en cotas intermedias, superiores a los 400 metros. Las prácticas del secado en planta doblada previa tapisca, el secado complementario al sol y su duración, así como las condiciones predominantes de temperatura de la masa del grano, la humedad relativa al interior del medio de almacenamiento y la altitud del sitio donde se ubican los dispositivos de acopio, parecen influir sobre la prevalencia de contaminación por Aflatoxinas en maíz.

Este trabajo representa una contribución más al conocimiento de los condicionantes del apareamiento de estas micotoxinas de comprobado efecto carcinogénico en el hígado y de daño renal, en un alimento tradicional y de consumo masivo en el país.

Lcda. MAE. Ana Marta Moreno de Araujo, DHC.
Rectora

RESUMEN

El estudio es una extensión en cobertura del tamizado realizado en 2014. Los objetivos fueron la determinación de la prevalencia de niveles sobre norma europea y la caracterización de factores asociados a contaminación por Aflatoxinas (AFT) y Ocratoxinas totales (OT) en maíz blanco. El estudio se realizó entre enero y junio de 2015, en cuatro localidades agrícolas. Se obtuvo de 196 agricultores participantes un kg de grano de maíz blanco, datos físicos de la muestra e información relacionada con prácticas de cultivo. Las muestras se procesaron y se analizaron siguiendo protocolo para AFT y OT mediante método ELISA competitivo directo. La prevalencia de positivos a AFT y OT ($\geq 5 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$) fue de 13.8% y 1.8%, respectivamente. Los valores medianos de AFT y de OT fueron 18 y 3 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$, respectivamente. Se demostró diferencias significativas entre trazas y positivos respecto a negativos en el tiempo de secado de la mazorca en la planta, humedad relativa y temperatura del grano y menor altitud del sitio de almacenamiento, por lo que son considerados como factores predisponentes de contaminación por AFT en el maíz ($p < 0.05$).

Palabras claves: Aflatoxinas, Ocratoxinas, Maíz, Consumo Humano

ABSTRACT

The study is an extension in the coverage of the screening carried out in 2014. The aims were to determinate the prevalence of levels over European standard for aflatoxins (AFT) and total Ochratoxins (OT) in white maize, and to characterize some physical factors and cropping-storing practices associated with AFT and OT contamination. This study was performed from February to June 2015, in four Salvadorian agricultural locations. Samples of one kg white maize grain, physical data, both crop and store practices related information was obtained from 196 small farmers. The samples were processed and analyzed according to protocol for assaying AFT and OT by competitive direct ELISA method. Prevalence of AFT and OT positives ($\geq 5 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$) was 13.8% and 1.8%, respectively. The AFT and OT median values were 18 and 3 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$, respectively. Positive maize samples significantly got less drying time of the ear on the folded plant, higher relative humidity into storing device, higher grain bulk temperature, and lower altitude at storage site than negative ones. Therefore, these factors are predisposing AFT contamination in grains ($p < 0.05$).

Keywords: Aflatoxins, Ochratoxins, Maize, Human Consumption.

1. INTRODUCCIÓN

Las micotoxinas son metabolitos de hongos patógenos de las plantas, que afectan aproximadamente al 25% de cultivos vegetales destinados a la alimentación (European Food Safety Authority [EFSA], 2012). Esos hongos pertenecen a los géneros *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, entre otros, producidos en diferentes sustratos y bajo ciertas condiciones climáticas (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2003), especialmente de humedad relativa y de temperatura de las localidades de cultivo (EFSA, 2012).

Del total de micotoxinas, cinco tipos son relevantes como contaminantes naturales de alimentos: Aflatoxinas, Ocratoxinas, Tricotecenos, Zearalenona y Fumonisinias (FAO, 2003; Vega 2011), abordando solo los primeros dos tipos para efectos de este estudio.

Las Aflatoxinas o AF, producidas por las especies *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus*; son las que contaminan con mayor frecuencia a los cereales, afectando principalmente al maíz, trigo y al arroz (EFSA, 2012, 2013). Esa condición y el hecho que las AF son reconocidos agentes hepatotóxicos y cancerígenos para los humanos (International Agency for Research on Cancer [IARC], 1993; ESFA, 2013), justifica la importancia de detectar los contenidos en los cereales y cuán extendida está la contaminación por el conjunto de AF (B₁, B₂, G₁ y G₂), denominadas como Aflatoxinas totales o AFT (EFSA, 2012).

Las Ocratoxinas (OT), producidas por las especies *Aspergillus ochraceus*, *A. niger* y *Penicillium verrucosum*, agrupan las variantes A, B y C (Reddy & Bhoola, 2010). Aunque la Ocratoxina A (OTA) es la más prevalente de las tres, todas son metabolitos nefrotóxicos, relacionadas etiológicamente con ciertos casos de Nefropatía Endémica y están consideradas como posibles carcinógenos (IARC, 1993; World Health Organization [WHO], 2007; Reddy & Bhoola, 2010). Las OT son contaminantes de cereales como el trigo, maíz, cebada, avena, leguminosas como el frijol, el café verde, entre otros productos (Centre for Food Safety [CFS], 2006; Reddy & Bhoola, 2010).

La importancia de determinar la concentración de AFT y OT, así como la prevalencia de eventos de contaminación en maíz, se basa en las enfermedades que esas micotoxinas causan

(IARC, 1993; WHO, 2007), en las implicaciones para el Sistema Nacional de Salud y en el cumplimiento de regulaciones que atañen a controles de inocuidad de alimentos como los cereales y sus derivados (FAO, 2004).

En El Salvador, los hallazgos de tres trabajos previos son relevantes en el estudio de las Aflatoxinas y Ocratoxinas que contaminan el maíz para alimentación humana. En 1985 se detectó presencia de Aflatoxina B₁ en el 27% de las muestras analizadas a nivel nacional, con niveles que sobrepasaron los 30 ng·g⁻¹ (Calderón, 1987). En maíz colectado en mercados municipales del Área Metropolitana de San Salvador, Posada y Escobar (1991) encontraron una prevalencia del 42.8% de la muestra para AFT, en contenidos superiores a 4 ng·g⁻¹. Posteriormente, Vega (2011) determinó una prevalencia del 12.5% en las muestras analizadas para AFT, con niveles que llegaron hasta los 62 ng·g⁻¹, mientras que los niveles de las Ocratoxinas totales se ubicaron bajo el límite de cuantificación de la técnica analítica empleada.

De forma reciente Cruz, Martínez y Hernández Rauda (2014), muestrearon tres localidades agrícolas y encontraron prevalencias del 15.6% de casos positivos a AFT y 0.8% de casos positivos a OT, catalogadas como de muy baja frecuencia. Los contenidos medianos variaron entre 5 y 7 ng·g⁻¹ para las AFT y 2.7 ng·g⁻¹ para las OT, con valores máximos de 132.3 ng·g⁻¹ y 17.2 ng·g⁻¹, respectivamente.

No obstante de lo anterior, persiste escasa información para El Salvador sobre los niveles de AFT y OT en maíz blanco para autoconsumo, de la prevalencia e incidencia de positivos (casos) en los sitios de origen del grano, así como de la extensión territorial de la contaminación por ambas micotoxinas.

La connotación que esta brecha de conocimiento tiene para la salud pública, radica en que el número de posibles afectados no se limita a quienes cultivan, cosecha y consumen el maíz sino a las personas que ingieren alimentos derivados de ese grano, por conducto de la venta de los excedentes de los productores; por consiguiente, con el estudio se pretendió cuantificar los niveles de AFT y OT en maíz blanco desgranado y almacenado para consumo humano, determinar la prevalencia de contaminación y caracterizar factores físicos y prácticas de manejo post cosecha, correlacionados significativamente con la positividad a AFT y OT.

2. MÉTODOS

Este fue un estudio observacional descriptivo con diseño transversal, realizado entre enero y junio de 2015 y se utilizó una muestra por conveniencia de 196 agricultores, aplicando como criterio principal que fueran de subsistencia, beneficiarios del paquete agrícola, residentes en localidades previamente muestreadas (Cruz et al., 2014) y que dieran su consentimiento por escrito para participar en el estudio. Los sitios muestreados fueron: cantones Atiocoyo, Los Chilamates y Arracaos de San Pablo Tacachico y Nueva Concepción, respectivamente (microrregión Valle Alto del Lempa); San José Cancasque (Chalatenango); cantón Metalío de Acajutla (Sonsonate) y Villa San Antonio (San Miguel) (Figura 1).

Las características de los informantes: agricultores de subsistencia, mayoritariamente masculinos (>85%), con edades medianas entre los 42 a 57, sin escolaridad (29.8% al 52.5%) o con el primer ciclo de Educación Básica (18% al 40.8%), cultivan pequeñas superficies (0.98 a 2.24 mz.), con producción promedio entre 16 y 45 quintales, de la que destinan entre el 75% al 97.8% para autoconsumo y entre el 0.8% y el 21.8% para venta, del 74.5% al 94% son beneficiarios del paquete agrícola, entre el 60% al 82.4% son usuarios de semilla CENTA H59, en tanto que entre el 6.2% y el 34% utilizan semilla Pioneer DuPont®, solo el 4.3% recibe asistencia técnica de entidades públicas o privadas (Tabla 1).

De los 196 agricultores informantes, entre el 4% al 55.3% dejan secar la mazorca en la planta menos de dos meses antes de tapisca, mientras que entre el 44.7 y el 96% dejan que transcurran dos meses o más previos a la tapisca (Tabla 2). El desgranado es hecho tanto a máquina (12% al 97.9%), como de forma manual (2.1% al 88%); el secado complementario al sol, tanto de maíz en mazorca como desgranado, es una práctica entre los agricultores que varía de poco frecuente a generalizada (5.9% al 100%); similar ocurre con el tiempo de secado, entre 1 (2.0% al 31.3%) y 3 días (3.9% y 70.2%) (Tabla 2). Otros aspectos como el tipo de pruebas empíricas que realizan para determinar la humedad del grano previo al almacenamiento, los medios usuales para guardar el maíz, así como la dosis y tiempo de actuación que fumigante utilizado, se presentan con detalle en la Tabla 2.

La colecta de datos sociodemográficos y de prácticas agrícolas recurrentes durante y posterior a la cosecha, se realizó aplicando una guía de entrevista a cada agricultor

participante, previamente utilizada (Cruz et al., 2014); simultáneamente se obtuvo una muestra de 1 kg de maíz desgranado, cosechado de la siembra primera 2014 y proveniente del medio de almacenamiento en uso, conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-188-SSA1-2002, midiéndose además la temperatura de la masa de granos, la humedad relativa adentro del medio de almacenaje, la temperatura ambiental y la altitud del sitio de acopio del grano, expresada en metros sobre el nivel del mar (msnm).

Cruz et al. (2014), describen ampliamente los procedimientos para el análisis de composición esencial y factores de calidad del grano, así como la extracción de las micotoxinas con disoluciones acuosas de Metanol al 70% para AFT y al 50% para OT, así como su cuantificación por el método ELISA Competitivo Directo, usando kits VERATOX[®] de NEOGEN[®] específicos para AFT y OT. Las muestras se ensayaron con un equipo lector de micro placas ELISA marca MINDRAY modelo MR-96A, a 650 nanómetros para obtener densidades ópticas, procesadas posteriormente con el NEOGEN[®] VERATOX[®] Software v. 3.0.1., para convertirlas en valores de contenido expresados en $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$.

En este estudio y en el anterior (Cruz et al., 2014), se adoptaron los límites máximos permitidos por la Unión Europea porque proveen de un adecuado margen de seguridad para proteger la salud humana (EFSA, 2012) y que fueron establecidos en $4 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$ para la AFT y en $5 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$ para la OT (FAO, 2004); no obstante, solo se consideró positivas cuantificadas a aquellas muestras cuyo valor cuantificado de toxina fuera igual o superior a $5 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$, tanto para AFT como para OT, atendiendo especificaciones del fabricante de los kits reactivos (NEOGEN, s.f.). Las mediciones ubicadas entre el límite de detección de los kits (AFT $1.4 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$ y OT $1.0 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$) y por debajo de $5 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$ para ambas micotoxinas, fueron consideradas como trazas. Las muestras con valores arriba del control máximo de los kits (AFT $50 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$, OT $25 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$), fueron reensayados por medio de dilución 1:2 o 1:4 para hacer una apropiada cuantificación de los contenidos, conforme también a las especificaciones de los conjuntos reactivos (NEOGEN, s.f.).

La significación estadística para medias se determinó a través de prueba t de Student, para un nivel <0.05 . Para establecer la asociación entre variables se calculó el coeficiente de Pearson. Las pruebas y figuras se generaron a través del programa IBM SPSS Statistics v.22.

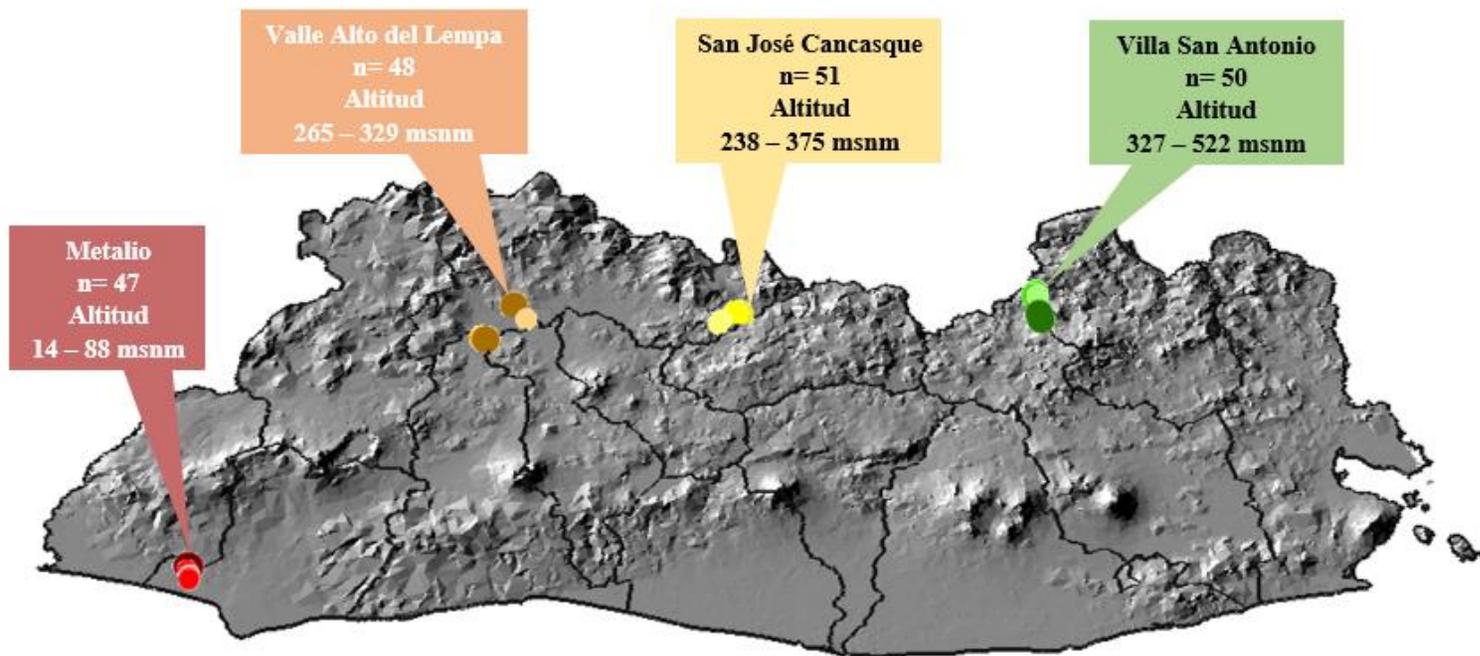


Figura 1. Localización de los puntos de colecta de las 196 muestras de maíz para detección de Aflatoxinas y Ocratoxinas totales. La agrupación territorial de los puntos muestreados sigue un patrón con gradiente altitudinal ascendente. Los recuadros diferenciados por color corresponden a las cuatro localidades estudiadas, e incluyen el tamaño de la muestra, así como el rango de altitud mínima y máxima, expresado en metros sobre el nivel del mar (msnm). Elaboración propia.

Tabla 1. Características demográficas y agrícolas de la muestra por conveniencia de cada localidad agrícola.

Características	Valle Alto del Lempa n = 48	San José Cancasque n = 51	Acajutla, Metalío n = 47	Villa San Antonio n = 50
Informante masculino (%)	44 (95.7)	47 (92.2)	40 (85.1)	46 (92.0)
Informante femenino (%)	2 (4.3)	4 (7.8)	7 (14.9)	4 (8.0)
Edad mediana (percentil 75)	57 (66.5)	42 (56)	52 (64.5)	45.5 (60.0)
Escolaridad (%)				
Ninguna	21 (52.5)	20 (40.0)	14 (29.8)	22 (44.9)
Básica 1° Ciclo	11 (27.5)	9 (18.0)	10 (21.3)	20 (40.8)
Básica 2° Ciclo	6 (15.0)	8 (16.0)	16 (34.0)	6 (12.3)
Básica 3° Ciclo	2 (5.0)	9 (18.0)	6 (12.8)	1 (2.0)
Media	0 (0.0)	4 (8.0)	1 (2.1)	0 (2.4)
Datos agrícolas generales				
Superficie cultivada promedio mz. ² (Error Estándar de la Media: EEM).	2.24 (0.79)	1.26 (0.11)	1.02 (0.11)	0.98 (0.06)
Producción promedio (qq) ³ (EEM).	45.26 (5.60)	29.22 (4.14)	23.21 (3.58)	16.04 (1.41)
Porcentaje producción destinado a:				
Autoconsumo humano	75.3%	89.8%	81.3%	97.8%
Alimento de animales	2.9%	2.7%	5.9%	1.4%
Venta	21.8%	7.5%	13.1%	0.8%
Beneficiario paquete agrícola (%)	38 (82.6)	48 (94.1)	35 (74.5)	39 (78.0)
Beneficiario asistencia técnica (%)	2 (4.3)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Datos agrícolas: variedad del cultivar				
CENTA H-59 (%)	33 (68.8)	42 (82.4)	30 (63.8)	30 (60.0)
PIONEER DuPont® (%)	3 (6.2)	0 (0.0)	6 (12.8)	17 (34.0)
DEKALB Monsanto® (%)	5 (10.4)	2 (3.9)	3 (6.4)	0 (0.0)
CENTA Pasaquina (%)	0 (0.0)	2 (3.9)	0 (0.0)	0 (0.0)
Híbridos combinados (%)	6 (12.5)	3 (5.9)	8 (17.0)	1 (2.0)
Criollo (%)	1 (2.1)	2 (3.9)	0 (0.0)	2 (4.0)

² mz: Manzana (6,989 m²)

³ qq: Quintal (100 libras o 45.37 kg)

Tabla 2. Prácticas de preparación y almacenamiento del grano de maíz, por cada localidad agrícola muestreada.

Características	Valle Alto del Lempa n = 48	San José Cancasque n = 51	Acajutla, Metalío n = 47	Villa San Antonio n = 50
Secado de mazorcas en planta < 2 meses (%)	10 (20.8)	4 (7.8)	26 (55.3)	2 (4.0)
Secado de mazorcas en planta ≥ 2 meses (%)	38 (79.2)	47 (92.2)	21 (44.7)	48 (96.0)
Desgranado a máquina (%)	47 (97.9)	25 (49.0)	43 (91.5)	6 (12.0)
Desgranado manual (%)	1 (2.1)	26 (51.0)	4 (8.5)	44 (88.0)
Secado adicional al sol (%)	20 (41.7)	3 (5.9)	47 (100.0)	4 (8.0)
Secado sobre piso de cemento (%)	11 (22.9)	1 (2.0)	22 (46.8)	0 (0.0)
Secado sobre plástico o nylon (%)	8 (16.7)	2 (3.9)	24 (51.1)	4 (8.0)
Secado sobre lámina (%)	1 (2.1)	0 (0.0)	1 (2.1)	0 (0.0)
Tiempo de secado: 1 día (%)	15 (31.3)	1 (2.0)	13 (27.7)	0 (0.0)
3 días (%)	3 (6.2)	2 (3.9)	33 (70.2)	4 (8.0)
≥1 semana (%)	2 (4.2)	0 (0.0)	1 (2.1)	0 (0.0)
Estimación humedad grano: sonido (%)	31 (64.6)	36 (70.6)	43 (91.5)	39 (78.0)
Sal seca y molido (%)	1 (2.1)	0 (0.0)	3 (6.4)	0 (0.0)
Ninguna (%)	16 (33.3)	15 (29.4)	1 (2.1)	11 (22.0)
Limpieza pre almacenaje completa (%)	24 (50.0)	38 (74.5)	43 (91.5)	41 (82.0)
Limpieza pre almacenaje incompleta (%)	24 (50.0)	13 (25.5)	4 (8.5)	9 (18.0)
Medio almacenaje: sacos (%)	6 (12.5)	1 (2.0)	1 (2.1)	10 (20.0)
Barriles plásticos o metálicos (%)	7 (14.6)	1 (2.0)	4 (8.5)	11 (22.0)
Silos o graneros (%)	35 (72.9)	49 (96.0)	46 (97.9)	31 (62.0)
Trojes o depósitos de madera (%)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Uso de fumigantes en pastilla (%)	48 (100.0)	51 (100.0)	47 (100.0)	49 (98.0)
Dosis promedio fumigante, pastilla/saco (EEM)	0.60 (0.03)	0.45 (0.02)	0.43 (0.03)	0.42 (0.05)
Exposición a fumigante: < 30 días (%)	0 (0.0)	4 (7.8)	3 (6.4)	8 (16.3)
= 30 días (%)	12 (25.0)	15 (29.4)	10 (21.3)	18 (36.7)
> 30 días (%)	36 (75.0)	32 (62.8)	34 (72.3)	23 (47.0)
Distribución correcta fumigante en silo (%)	36 (75.0)	35 (68.6)	27 (57.4)	14 (28.6)
Distribución incorrecta fumigante en silo (%)	12 (25.0)	16 (31.4)	20 (42.6)	35 (71.4)

3. RESULTADOS

De las 196 muestras analizadas para AFT, 27 tuvieron niveles que pudieron cuantificarse con la técnica y los kits empleados y que superaron la norma europea; 13 casos en Metalío, cinco tanto en la zona del Valle Alto del Lempa (Atiocoyo, Chilamates, Arracaos) como en Cancasque y cuatro más en Villa San Antonio (Figura 2). La positividad de muestras a las AFT, a nivel de trazas o de contenidos no cuantificados con la técnica y los kits utilizados en esta investigación, totalizan 47 de los que 15 se encontraron tanto en Metalío como en Cancasque, 12 en la zona del Valle Alto del Lempa y solo cinco en Villa San Antonio (Figura 2).

Las medianas de los niveles cuantificados de AFT y que sobrepasan la norma europea fueron $9.4 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$ en Villa San Antonio, 15.0 en Metalío, $19.2 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$ en la zona del Valle Alto del Lempa hasta $24.6 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$ en San José Cancasque, alcanzándose valores tan altos como 130.1 y $154.4 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$ en Metalío (Figura 3).

De las 114 muestras ensayadas para OT, dos tuvieron niveles que fueron cuantificados con la técnica y kits usados en este trabajo y que sobrepasaron la norma europea, detectadas en Metalío; a otras 31 pudo medírseles los contenidos de OT aunque ninguno sobrepasó el límite máximo permitido por la misma normativa ($5 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$), considerándolas como trazas; esas se detectaron principalmente en Villa San Antonio (21), mientras que en la zona del Valle Alto del Lempa, Metalío y Cancasque se hallaron uno, cuatro y cinco casos respectivamente (Figura 4). La positividad de muestras a OT, pero sin que pudiese cuantificarse su contenido con la técnica y kits empleados en este estudio, sumaron también 31, encontrados 12 en Cancasque, 11 en Villa San Antonio, seis en Metalío y dos en el Valle Alto del Lempa (Figura 4).

Las medianas de los niveles cuantificados de OT, indistintamente si superan o no a la norma europea, fueron $3.2 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$ en Metalío, $3.0 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$ en Villa San Antonio y $2.9 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$ en Cancasque. El contenido más alto de OT ($16.2 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$) se halló en Metalío. En la zona del Valle Alto del Lempa se pudo cuantificar OT en una muestra, encontrando un valor de $2.5 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$ (Figura 5).

La prevalencia de positividad a AFT en muestras se presenta en la Figura 6. La mayor prevalencia se detectó en Metalío (>27%) y la menor en Villa San Antonio (8%), mientras que en las otras dos localidades se registró prevalencias próximas a 10%. En cuanto a la prevalencia de la OT, la única localidad donde se encontró positividad en dos casos fue en Metalío, con un valor calculado cercano al 8% (Figura 6).

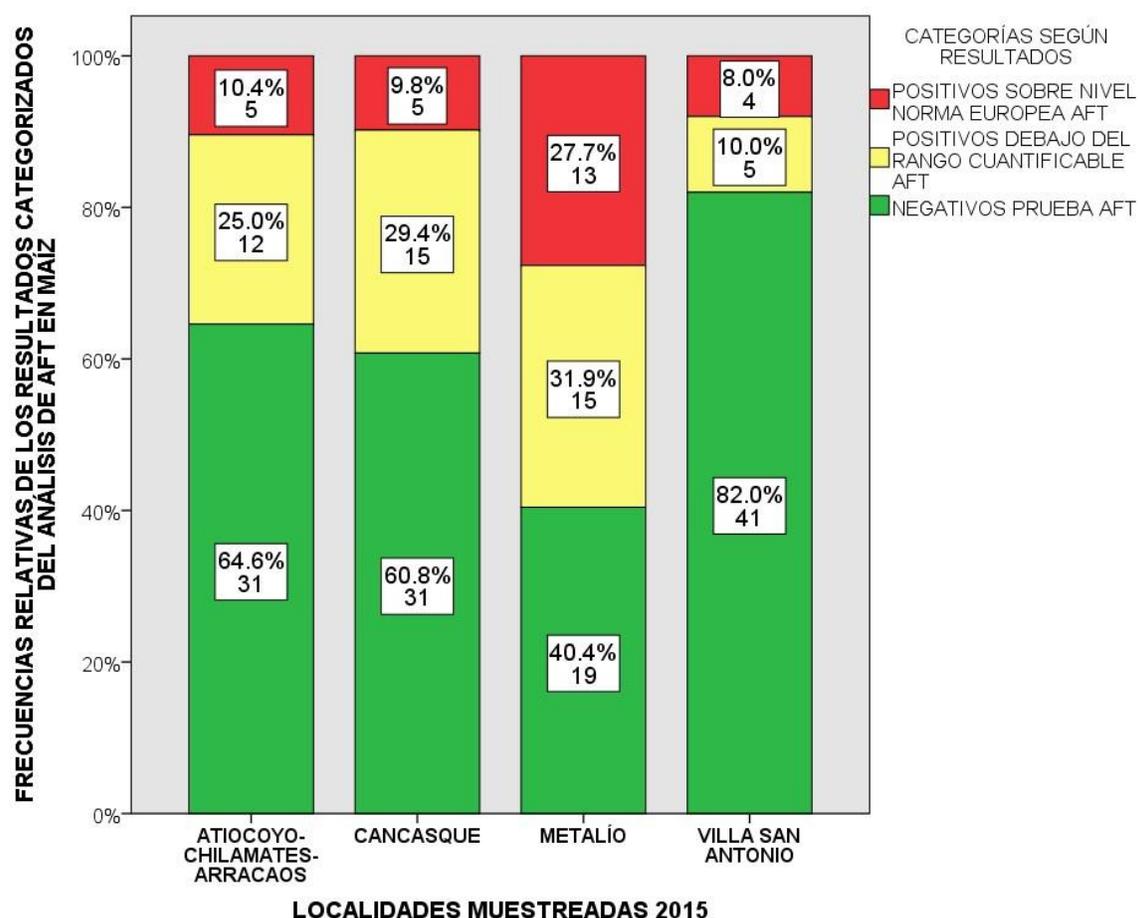


Figura 2. Categorización de los resultados del análisis de AFT en 196 muestras de maíz blanco de cuatro localidades agrícolas de El Salvador. Los recuadros al interior de las barras indican tanto el porcentaje como los conteos de: muestras negativas, positivas por debajo del mínimo cuantificable a AFT ($5 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$) y positivas que sobrepasan tanto el mínimo cuantificable como el límite máximo permitido por la norma europea a la AFT ($5 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$). Elaboración propia.

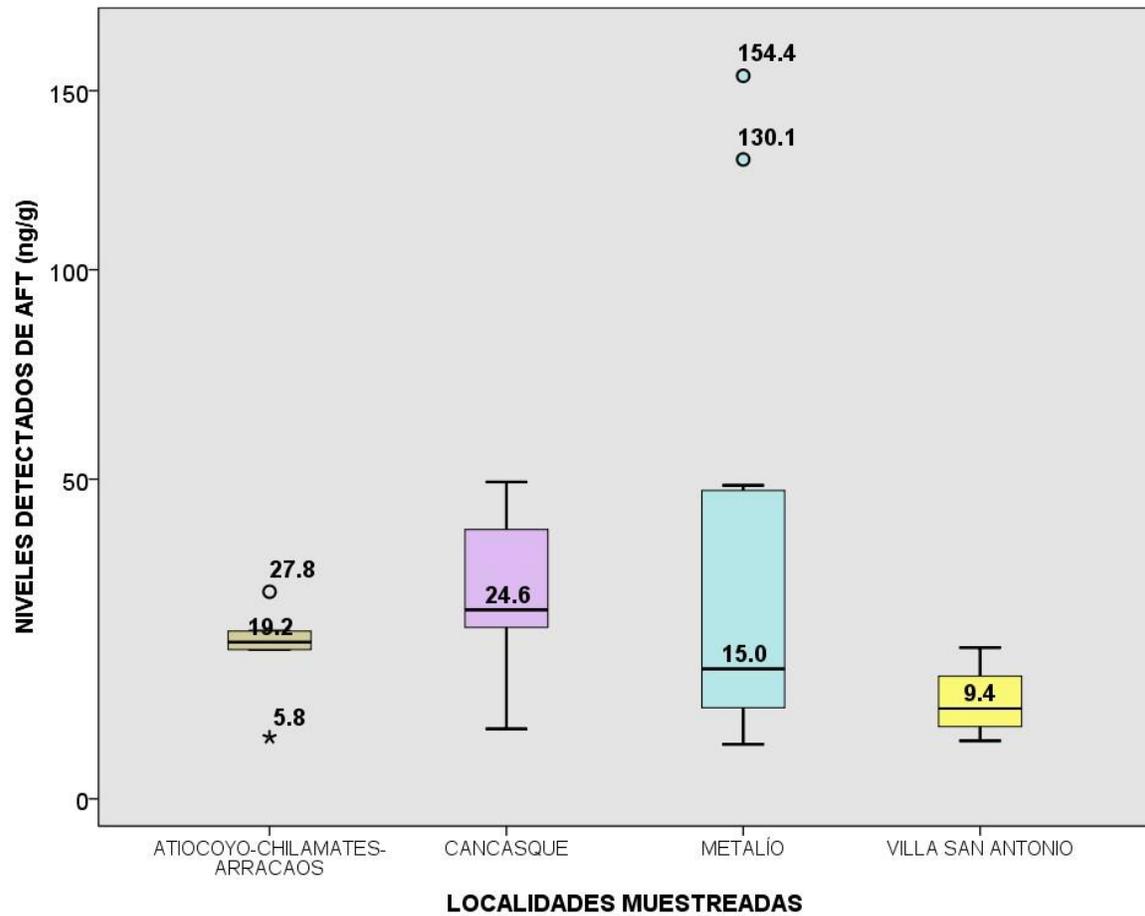


Figura 3. Niveles de Aflatoxinas totales (AFT), expresados en $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$, detectados en 196 muestras de maíz blanco para autoconsumo de cuatro localidades agrícolas de El Salvador. Las cajas coloreadas se extienden del percentil 25 al 75; las patillas indican los percentiles 5 y 95; los marcadores representan lecturas individuales fuera de los percentiles 5 y 95; la mediana se representa por una línea sólida negra dentro de cada caja coloreada. Elaboración propia.

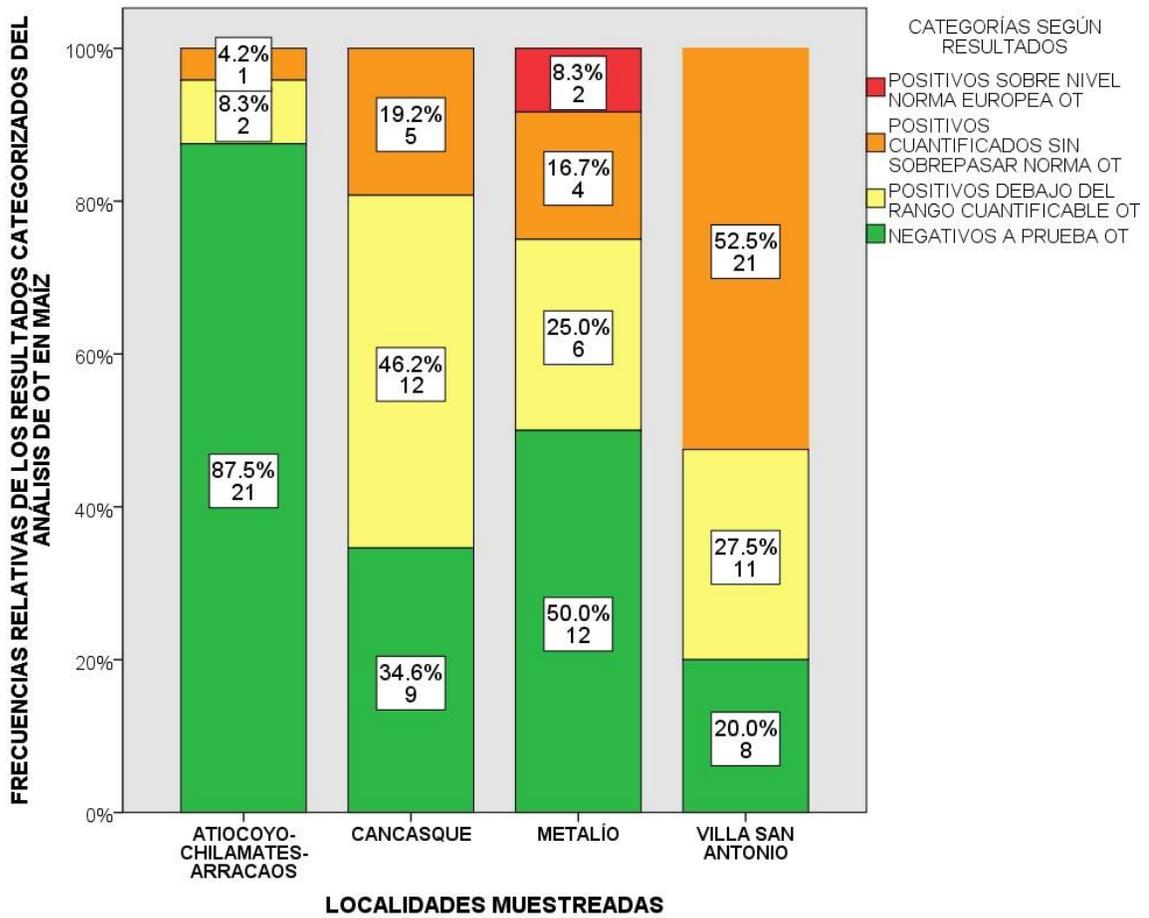


Figura 4. Categorización de los resultados del análisis de OT en 114 muestras de maíz blanco de cuatro localidades agrícolas de El Salvador. Los recuadros al interior de las barras indican tanto el porcentaje como los conteos de: muestras negativas, positivas por debajo del mínimo cuantificable a OT ($2 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$), positivas que superan el mínimo cuantificable ($2 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$) pero no sobrepasan el valor máximo permitido por la norma europea a la OT ($5 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$) y positivas que rebasan el contenido límite de OT admitido por la normativa. Elaboración propia.

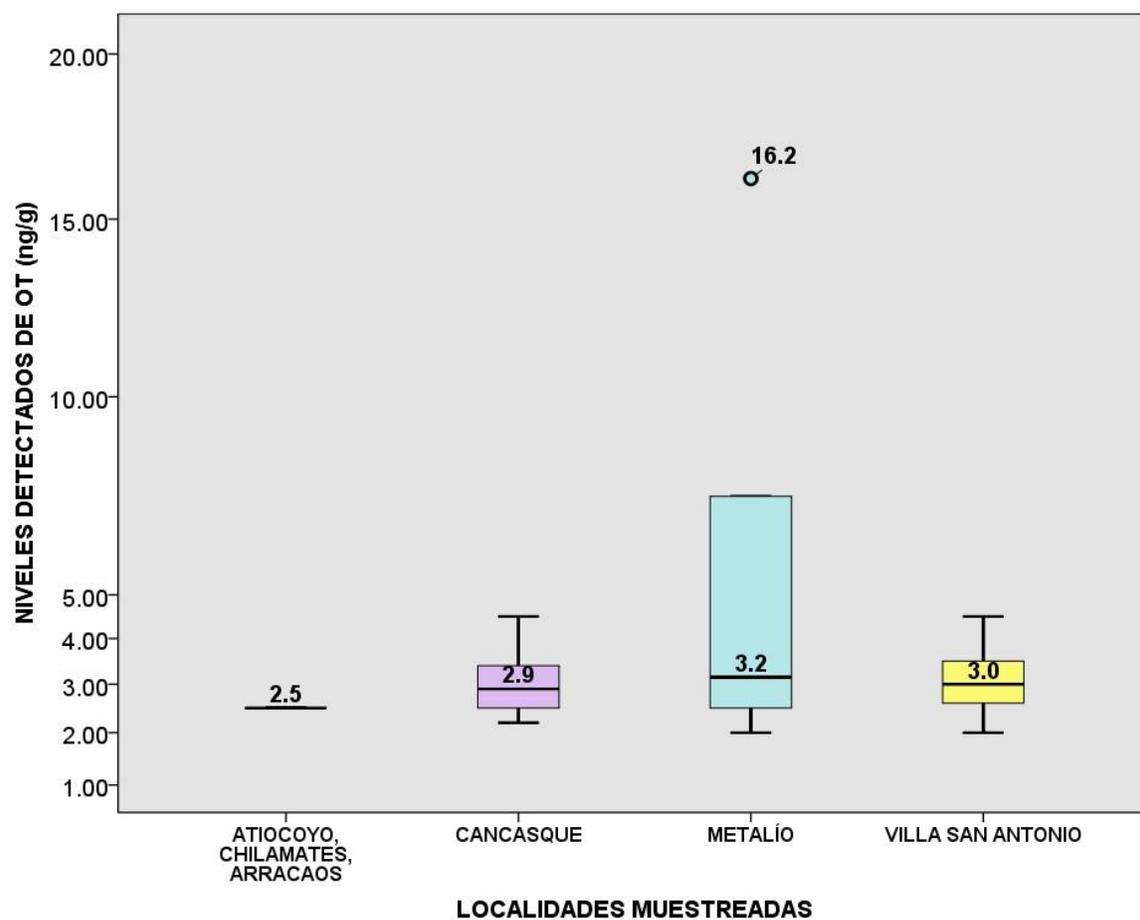


Figura 5. Niveles de Ocratoxinas totales (OT), expresados en $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$, detectados en 196 muestras de maíz blanco para autoconsumo de cuatro localidades agrícolas de El Salvador. Las cajas coloreadas se extienden del percentil 25 al 75; las patillas indican los percentiles 5 y 95; los marcadores representan lecturas individuales fuera de los percentiles 5 y 95; la mediana se representa por una línea sólida negra dentro de cada caja coloreada. Elaboración propia.

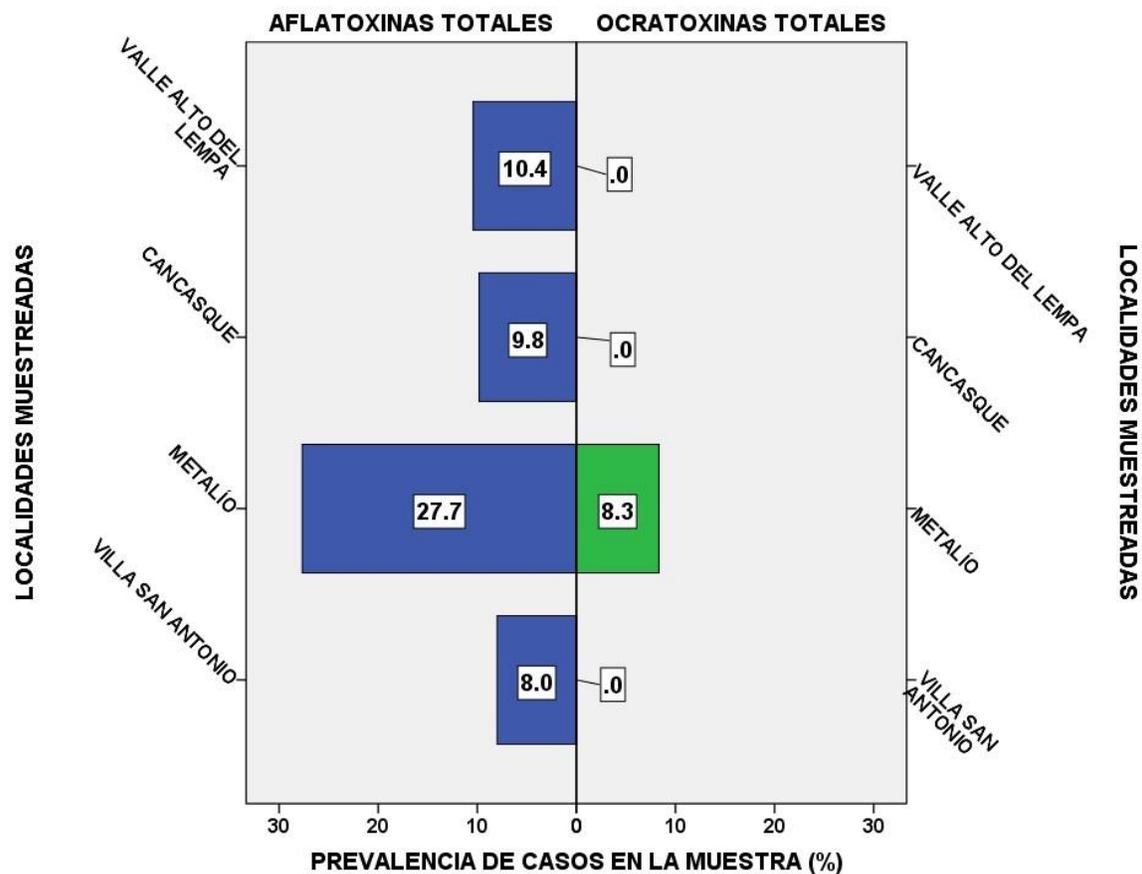


Figura 6. Prevalencias de casos de contaminación por Aflatoxinas totales (AFT) y Ocratoxinas totales (OT), detectados en las muestras colectadas en 2015 y registrados por localidad. Los datos representados son porcentajes del total de muestras analizadas. Elaboración propia.

Entre 2014 y 2015 se detectaron 11 casos nuevos de contaminación por AFT, no así para OT. La mayor incidencia se registró para Metalío con 21 casos nuevos por cada 100 muestras·año⁻¹, seguido del Valle Alto del Lempa y Villa San Antonio con 8 y 3.2 casos nuevos por 100 muestras·año⁻¹, respectivamente (Figura 7). La incidencia para esas tres localidades se estima en 10.7 casos nuevos por 100 muestras·año⁻¹.

Aquellas muestras que presentaron contenidos de AFT a nivel de trazas ($<5 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$) o clasificadas como positivas ($\geq 5 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$), les caracterizó tener menor tiempo promedio de secado de la mazorca en la planta y una media significativamente mayor de tiempo de secado solar del maíz desgranado, en comparación con las muestras que resultaron negativas (Figura 8).

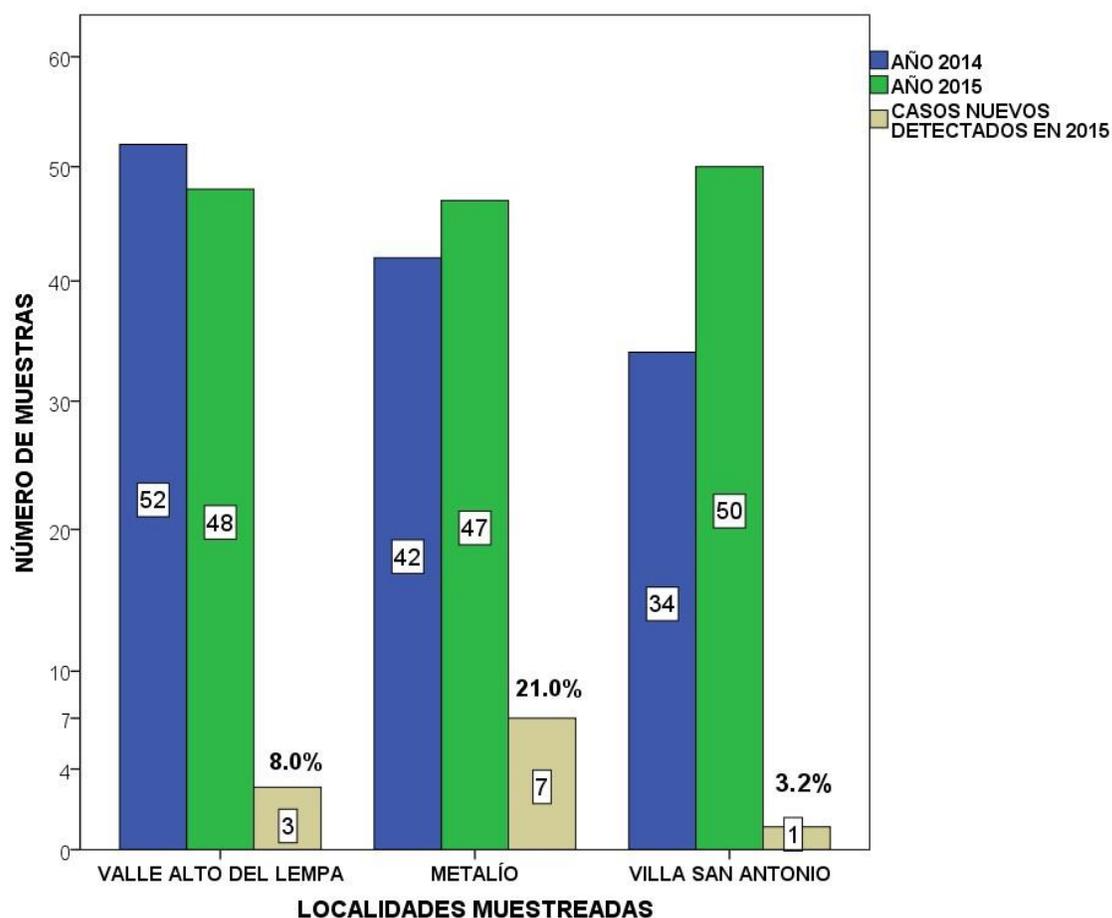


Figura 7. Muestras colectadas en 2014 y 2015 e incidencia de contaminación por Aflatoxinas totales en 2015 por localidad. Las barras sólidas representan totales por año y localidad, mientras que los números sobre las barras doradas son tasas de incidencia expresadas como casos nuevos por cada 100 muestras·año⁻¹. Elaboración propia.

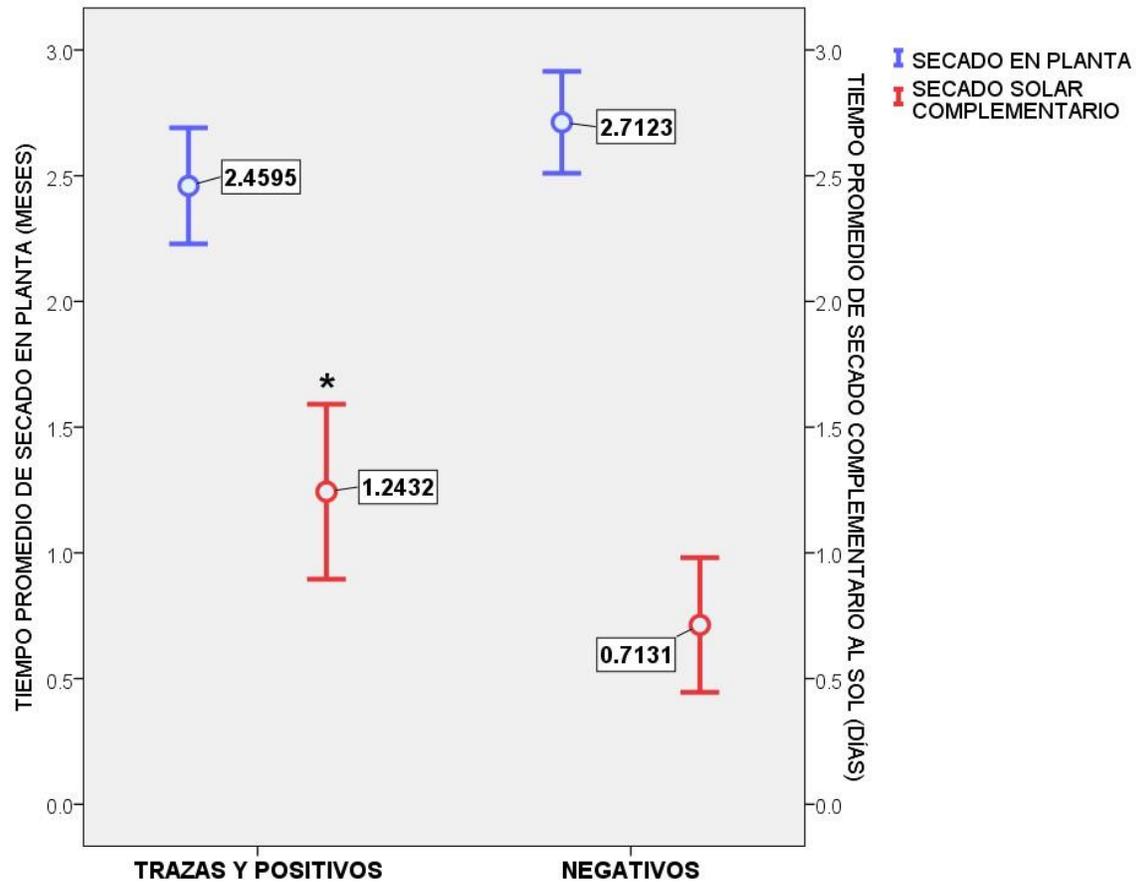


Figura 8. Tiempo de secado de mazorcas en la planta, expresado en meses (izquierda) y tiempo de secado complementario del grano al sol, expresado en días (derecha). Los datos representados son medias \pm 2 EEM. El asterisco en la barra de las trazas y positivos indica diferencias significativas con respecto a los negativos ($p < 0.05$, t de Student, positivos $n=74$, negativos $n=122$). Elaboración propia.

Diferencias significativas se detectaron también en los promedios de parámetros físicos como la humedad relativa dentro del medio de almacenamiento, en la temperatura de la masa de granos y en la altitud del sitio de almacenaje del maíz (Figuras 9 y 10). Las muestras con contenidos de AFT a nivel de trazas o positivas tuvieron promedios de humedad relativa y temperatura significativamente mayores que los valores presentaron las muestras negativas (Figura 9); en tanto que la media de altitud del sitio de almacenaje del grano fue significativamente menor en las muestras trazas o positivas en comparación con las negativas (Figura 10).

Adicionalmente se demostró que la humedad relativa al interior del medio de almacenamiento de los granos está correlacionada de forma significativa e inversa con el tiempo se secado de la mazorca en la planta ($r = -0.43$, $p < 0.001$) y con la altitud del sitio de almacenaje de los granos ($r = -0.61$, $p < 0.001$). Estas dos últimas variables están también significativamente asociadas de forma proporcional [$r = 0.64$, $p < 0.001$, (Tabla 3)].

En el Apéndice I, se presentan los resultados del análisis de composición esencial y factores de calidad del grano de maíz, realizado de forma complementaria al ensayo para medición del contenido de AFT y OT, por cada localidad agrícola muestreada. El análisis incluyó la determinación de la presencia o ausencia de olores extraños, insectos vivos, suciedad, materia orgánica e inorgánica extrañas en la muestra, así como los porcentajes de granos quebrados, defectuosos e infestados por insectos.

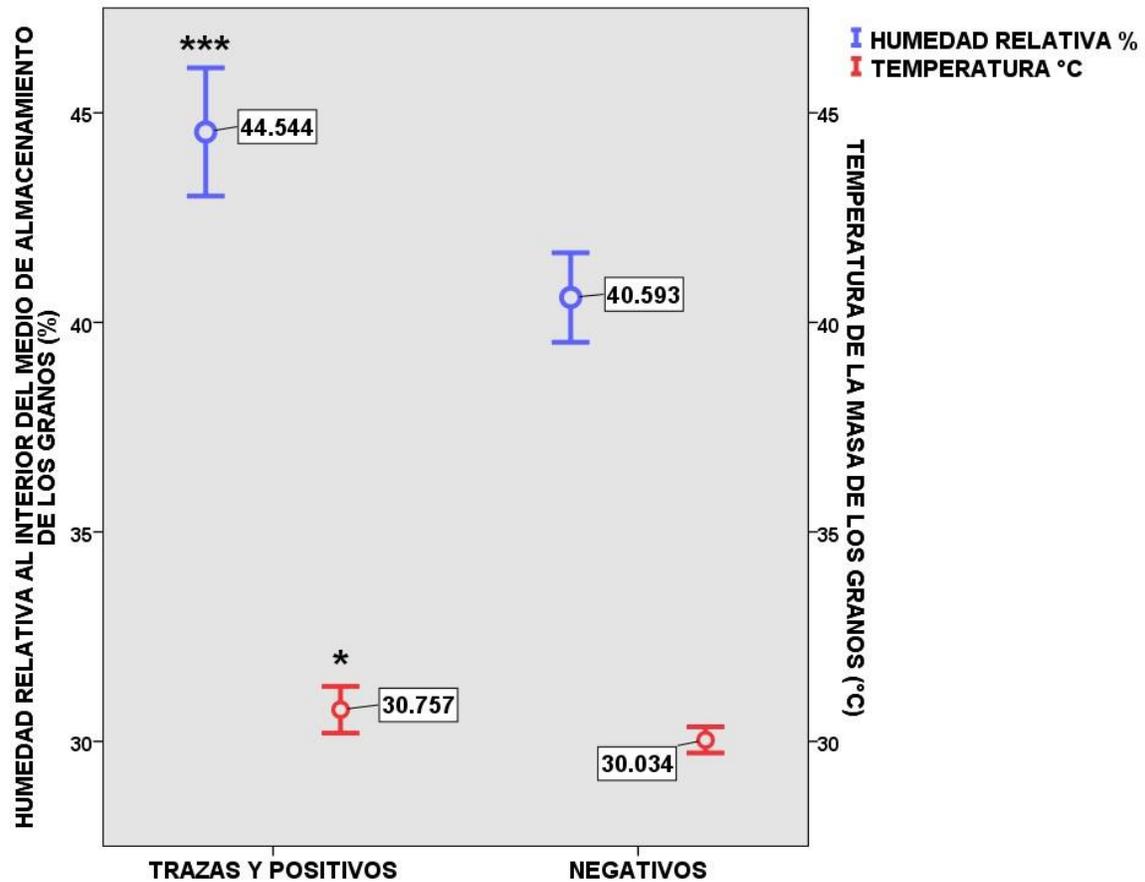


Figura 9. Humedad relativa (%) registrada al interior de los medios de almacenamiento y temperatura (°C) de la masa de granos de maíz. Los datos representados son medias \pm 2 EEM. Los asteriscos en las barras de las trazas y positivos indican diferencias significativas con respecto a los negativos (* $p < 0.05$ y *** $p < 0.001$, t de Student, positivos $n = 74$, negativos $n = 122$). Elaboración propia.

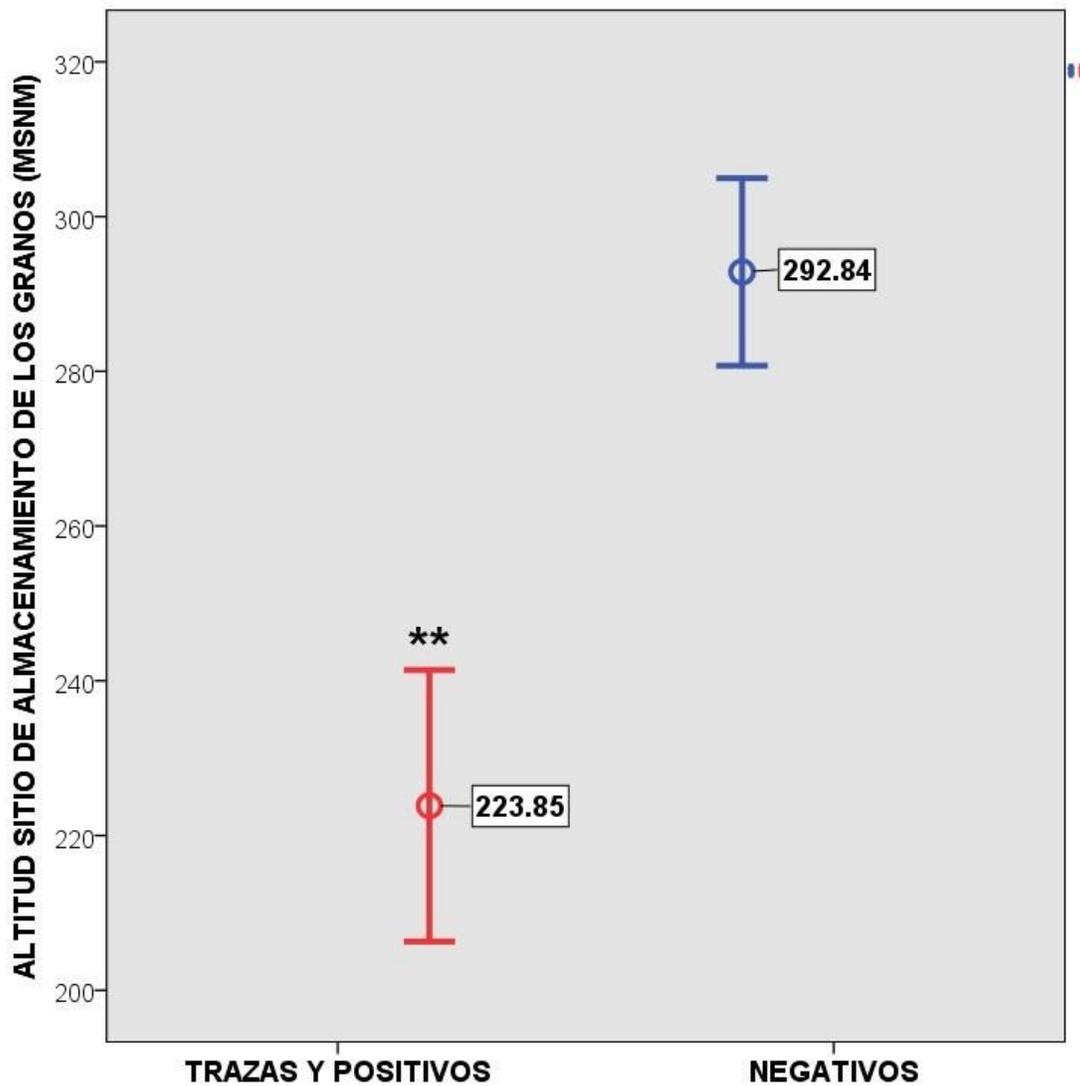


Figura 10. Altitud del sitio de almacenamiento de los granos de maíz, expresada en metros sobre el nivel del mar (msnm). Los datos representados son medias \pm 2 EEM. Los dos asteriscos en la barra de las trazas y positivos indican diferencias significativas con respecto a los negativos ($p < 0.01$, t de Student, positivos $n = 74$, negativos $n = 122$). Elaboración propia.

Tabla 3. Asociación entre factores físicos y prácticas post cosecha predisponentes a la contaminación del maíz blanco para autoconsumo por AFT.

Variable 1	Variable 2	Coefficiente de correlación	Nivel de significación	Interpretación de la asociación
Humedad relativa almacenamiento del grano (%)	Tiempo de secado mazorca en planta (meses)	$r = -0.434$ $r^2 = 0.188$	$P < 0.001$	A menor tiempo de secado de mazorca en planta, mayor es la humedad del grano.
Humedad relativa almacenamiento del grano (%)	Altitud de la zona de almacenamiento del grano (MSNM)	$r = -0.613$ $r^2 = 0.376$	$P < 0.001$	A mayor altitud de la zona de almacenamiento del grano, menor es la humedad del grano.
Tiempo de secado mazorca en planta (meses)	Altitud de la zona de almacenamiento del grano (MSNM)	$r = 0.644$ $r^2 = 0.415$	$P < 0.001$	A mayor altitud de la zona de almacenamiento del grano, mayor es el tiempo de secado de la mazorca en planta.

MSNM: metros sobre el nivel del mar.

4. DISCUSIÓN

El rango de contenidos detectados para Aflatoxinas coincide con la mayoría de valores encontrados en estudios precedentes, tanto de El Salvador (Calderón, 1987; Cruz et al., 2014; Vega, 2011) como de otras naciones latinoamericanas (Cuero, Hernández, Cárdenas, Osorio & Onyiah, 1987; Espín de Rivera, 1987), oscilando entre 5 y 154 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$. Respecto a las Ocratoxinas, Vega (2011) no pudo cuantificarlas en la muestras analizadas; mientras que Cruz et al. (2014), detectaron contenidos de estas micotoxinas desde 2.1 hasta 17.2 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$, que coinciden con el rango de valores encontrados en este trabajo (2.5 y 16.2 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$).

La prevalencia más alta para contaminación por AFT calculada para Metalío (27.7%) es similar a la encontrada por Calderón (1987), en 63 muestras tomadas en los sitios de almacenamiento a nivel nacional. Si se consideran las cuatro localidades muestreadas, la prevalencia de contaminación por AFT calculada es del 13.8% (27 positivos/196 muestras), una proporción cercana al valor calculado (12.5%) en un trabajo reciente pero realizado en sitios de arribo de maíz proveniente de localidades de origen no identificadas (Vega, 2011).

De las prevalencias de muestras positivas a las AFT, obtenidas para el Valle Alto del Lempa, Cancasque, Metalío y Villa San Antonio, destaca que la contaminación por esas micotoxinas tiene una frecuencia que oscila de muy baja (<20%) a baja (≥ 20 a <40%), pero está extendida territorialmente. La aparición de 11 nuevos positivos a AFT en tres de las cuatro localidades muestreadas tanto en 2014 como en 2015, coincide con la afirmación que la contaminación por esta micotoxina se extiende por el territorio muestreado.

Por el contrario, la contaminación por OT está limitada territorialmente a Metalío, con una prevalencia muy baja (<20%) y no se detectaron casos nuevos en 2015.

Metalío, ubicado en la planicie costera de Sonsonate (<100 msnm), es donde se detectó el mayor número de casos de contaminación por AFT (7) y los únicos dos positivos para OT, así como los contenidos y las prevalencias más altas para ambas micotoxinas, 154.4 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$, 27.7% y 16.2 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$, 8.3% respectivamente. Estudios previos informan que las mayores prevalencias de contaminación por Aflatoxinas B₁ y B₂, así como los contenidos más altos se detectaron tanto en zonas de baja altitud (Cuero et al., 1987) y en llanos costeros del

Pacífico Oriental (Espín de Rivera, 1987), probablemente atribuibles a elevados niveles de humedad relativa y temperatura que predominan en localidades con poca altura sobre el nivel del mar.

Los hallazgos de esos trabajos coinciden con los propios, por cuanto se demostró que las muestras clasificadas como trazas y positivas provinieron de dispositivos de almacenamiento con promedios significativamente más bajos de altitud y más altos en humedad relativa y temperatura de la masa de granos, respecto a las medias de las muestras negativas. Al respecto, la humedad relativa de los medios de almacenaje (Calderón, 1987), así como el contenido de humedad y la temperatura de la masa de granos (D'Antonino Faroni, 1993; Pereira da Silva, 1993), son condiciones que favorecen la producción de micotoxinas y, por consiguiente, influyen en la pérdida de calidad y cantidad de los granos.

Una característica predominante de las muestras que resultaron negativas, es la práctica combinada de secar la mazorca en planta por más tiempo y de reducir la duración del secado solar complementario, procedimiento que podría disminuir el riesgo de contaminación por AFT como previamente ha sido informado (Cruz et al., 2014), por cuanto es una forma de reducir naturalmente el contenido de agua en el grano y, por consiguiente, la humedad relativa al interior del medio de almacenamiento. Adicionalmente, al disminuir el número de días que se expone a los granos a elevadas temperaturas (50 a 55 °C) con el secado solar complementario sobre pavimento o plásticos laminados negros, se previene que se fisuren y que sean susceptibles a la invasión por hongos toxicogénicos (D'Antonino Faroni, 1993).

La práctica de dejar secar la mazorca en la planta y reducir el tiempo de secado complementario al sol, considerando la interacción entre temperatura de la masa del grano, la humedad relativa adentro del medio de almacenamiento y la altitud del sitio de acopio, puede derivar en medidas sencillas de aplicar por los agricultores para reducir el riesgo de contaminación por AFT en los lugares de origen del grano.

5. CONCLUSIONES

- 5.1. La contaminación del maíz almacenado para auto consumo por Aflatoxinas totales, tiene prevalencias que varían de muy bajas a bajas, dependiendo del lugar de muestreo, pero está extendida territorialmente.
- 5.2. La incidencia de casos de contaminación del maíz por Aflatoxinas totales en 2015, fue mayor en zonas de muy baja altitud alcanzando 21 reportes nuevos por cada 100 muestras·año⁻¹; mientras que en locaciones con alturas intermedias la incidencia fue menor, oscilando entre 3 y 8 casos nuevos por cada 100 muestras·año⁻¹.
- 5.3. La contaminación del maíz por Ocratoxinas totales, tiene una prevalencia muy baja y está restringida a Metalío, una de las cuatro localidades de muestreo; además, no se reportaron casos nuevos en 2015.
- 5.4. Metalío, una localidad de muy baja altitud, presentó las prevalencias más altas de contaminación del maíz por Aflatoxinas y por Ocratoxinas totales, incluyendo los contenidos mayores para ambas micotoxinas, coincidiendo con hallazgos previos que sostienen que las mayores prevalencias de contaminación ocurren en zonas de baja altitud como en planicies costeras, probablemente atribuibles a elevados niveles de humedad relativa y temperatura al interior de los dispositivos de almacenamiento.
- 5.5. Se demostró también que las muestras clasificadas como trazas y positivas a las Aflatoxinas totales se obtuvieron de medios de almacenaje ubicados en locaciones con altitudes promedio significativamente más bajas y tuvieron también medias más altas de humedad relativa y de temperatura de la masa de granos, en comparación con los promedios de las muestras negativas.
- 5.6. A los agricultores cuyas muestras de maíz resultaron negativas a las Aflatoxinas totales, les caracterizó recurrir a la práctica combinada de secar la mazorca en planta por más tiempo y de reducir la duración del secado solar complementario.
- 5.7. El procedimiento anterior podría disminuir el riesgo de contaminación por Aflatoxinas totales por cuanto es una forma de reducir naturalmente el contenido de agua en el grano y la humedad relativa al interior del medio de almacenamiento.

6. REFERENCIAS

- Calderón, G.R. (1987). Aflatoxins in El Salvador. En M.S. Zuber, E.B. Lillehoj & B.L. Renfro (Eds.), *Aflatoxin in Maize: A Proceedings of the Workshop* (pp. 293-297). Mexico D.F.: The International Maize and Wheat Improvement Center.
- Centre for Food Safety. (2006). *Ochratoxin A in food (Risk Assessment Studies Report No. 23)*. Hong Kong: Food and Environmental Hygiene Department.
- Cruz, A., Martínez, R., y Hernández Rauda, R. (2014). *Aflatoxinas y Ocratoxinas totales en maíz (Zea mays L.) para autoconsumo: prácticas de preparación y almacenamiento del grano, asociadas a la prevalencia de contaminación*. San Salvador, El Salvador: Universidad Doctor Andrés Bello.
- Cuero, R.G., Hernández, I., Cárdenas, H., Osorio, E., & Onyiah, L.C. (1987). Aflatoxin in Colombia. In M.S. Zuber, E.B. Lillehoj & B.L. Renfro (Eds.), *Aflatoxin in Maize: A Proceedings of the Workshop* (pp. 323-331). Mexico D.F.: The International Maize and Wheat Improvement Center.
- D'Antonino Faroni, L.R. (1993). Los granos y su calidad. En C. Arias (Ed.), *Manual de Manejo Poscosecha de Granos a Nivel Rural* (s.pp.). Chile: Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/x5027s/x5027S01.htm#I.%20Los%20granos%20y%20su%20calidad>
- Espín de Rivera, S. (1987). Aflatoxin in Ecuador. In M.S. Zuber, E.B. Lillehoj & B.L. Renfro (Eds.), *Aflatoxin in Maize: A Proceedings of the Workshop* (pp. 334-338). Mexico D.F.: The International Maize and Wheat Improvement Center.
- European Food Safety Authority. (2012). *Modelling, predicting and mapping the emergence of aflatoxins in cereals in the European Union due to climate change (Question No EFSA-Q-2009-00812)*. Parma: Autor.
- European Food Safety Authority. (2013). *Aflatoxins (sum of B₁, B₂, G₁, G₂) in cereals and cereal-derived food products (Supporting Publications 2013: EN-406)*. Parma: Autor.
- International Agency for Research on Cancer. (1993). *Evaluation of carcinogenic risks to humans. Some naturally occurring substances: food items and constituents, heterocyclic aromatic amines and mycotoxins*. Vol. 56. Lyon: Autor.

- NEOGEN Corporation. (s.f.). Serial dilution method for VERATOX®. Lansing, Michigan: Customer Service.
- Norma Oficial Mexicana NOM-188-SSA1-2002. Productos y servicios. Control de Aflatoxinas en cereales para consumo humano y animal. Especificaciones sanitarias. Diario Oficial de la Federación, México D.F. 15 de octubre de 2002. Recuperado de <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/188ssa12.html>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2003). Manual sobre la aplicación del sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control (APPCC) en la prevención y control de las micotoxinas. Estudio FAO Alimentación y Nutrición 73. Roma: Autor.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2004). Reglamentos a nivel mundial para las micotoxinas en los alimentos y en las raciones en el año 2003. Estudio FAO Alimentación y Nutrición 81. Roma: Autor.
- Pereira da Silva, F.A., (1993). Conservación y protección de los granos almacenados. En C. Arias (Ed.), Manual de Manejo Poscosecha de Granos a Nivel Rural (s.pp.). Chile: Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/x5027s/x5027S0h.htm#V.%20Conservacion%20y%20proteccion%20de%20los%20granos%20almacenados>
- Posada, A., y Escobar, M. (1991). Determinación de Aflatoxinas en productos alimenticios colectados en establecimientos comerciales a nivel de la zona metropolitana de San Salvador 1989 – 1990 (tesis inédita de licenciatura). Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer, San Salvador, El Salvador.
- Reddy, L. & Bhoola, K. (2010). Ochratoxins food contaminants: impact on human health. *Toxins*, 2, 771-779.
- Vega, C. (2011). Cuantificación de micotoxinas más frecuentes en granos de maíz comercializados en los mercados: Central de San Salvador, Mejicanos y San Miguelito (tesis inédita de licenciatura). Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador.
- World Health Organization. (2007). Evaluation of certain food additives and contaminants. WHO Technical Report Series 947. Geneva: Author.

APÉNDICE I

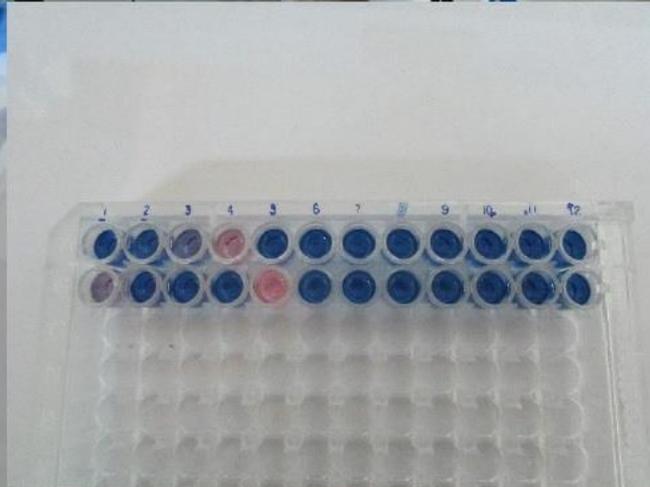
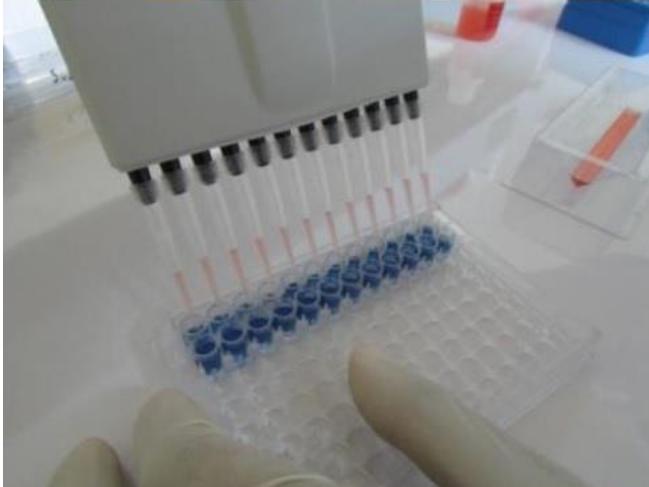
Apéndice I. Resultados del análisis de calidad del grano de maíz, complementario al ensayo para medición del contenido de AFT y OT, por cada localidad agrícola muestreada.

Características	Valle Alto del Lempa n = 48	San José Cancasque n = 51	Acajutla, Metalío n = 47	Villa San Antonio n = 50
Composición esencial y factores de calidad en los granos				
Olores extraños en la muestra (%)	1 (2.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Insectos vivos en la muestra (%)	26 (54.2)	16 (31.4)	26 (55.3)	26 (52.0)
Suciedad en la muestra (%)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Materia orgánica extraña en muestra (%)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Materia inorgánica extraña en muestra (%)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Granos defectuosos e infestados (%)	9 (18.8)	5 (9.8)	2 (4.3)	3 (6.0)
Granos quebrados (%)	1 (2.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)

2015



Inocuidad alimentaria: determinando prevalencia e incidencia de casos de contaminación de granos básicos por Aflatoxinas y Ocratoxinas en prevención de riesgos para la salud humana.



Universidad Doctor Andrés Bello

Dirección Nacional de
Investigación y Proyección Social

Área: Salud

ISBN 978-99961-65-04-7

