



## PROGRAMA CONJUNTO FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS

### COMITÉ DEL CODEX SOBRE CONTAMINANTES DE LOS ALIMENTOS

12ª reunión

Utrecht, Países Bajos, 12-16 de marzo de 2018

## DOCUMENTO DE DEBATE SOBRE LOS NIVELES MÁXIMOS DE ÁCIDO CIANHÍDRICO Y LA CONTAMINACIÓN POR MICOTOXINAS DE LA YUCA Y PRODUCTOS A BASE DE YUCA

(Elaborado por el Grupo de trabajo por medios electrónicos dirigido por Nigeria)

### INFORMACIÓN GENERAL

1. En la 11.ª reunión del Comité del Codex sobre Contaminantes de los Alimentos (CCCF) (2017), el Comité Coordinador FAO/OMS para África (CCAFRICA) se interesó por averiguar si resultaría apropiado extender el nivel máximo (NM) existente de HCN de 2 mg/kg en gari a los productos de yuca fermentada, y si las micotoxinas constituían un motivo de preocupación para la salud pública en estos productos.
2. A partir de las solicitudes del CCAFRICA, el CCCF, en su 11.ª reunión, recomendó<sup>1</sup> que se creara un GTe presidido por Nigeria con el fin de elaborar un documento de debate que fue aprobado por la Comisión del Codex Alimentarius (CAC) en su 40.º período de sesiones. En el documento de debate se debería abarcar:
  - a. La necesidad y viabilidad de establecer un NM de HCN en todos los productos de yuca fermentada y abordar la cuestión de la armonización de la expresión de niveles de HCN, es decir, HCN libre o total.
  - b. La obtención de datos sobre la presencia de micotoxinas en estos productos que permitirán al CCCF determinar si la contaminación por micotoxinas constituye un asunto de salud pública en estos productos.
3. El GTe llevó a cabo su cometido y presentó las siguientes conclusiones y recomendaciones para ser examinadas por el CCCF. La información y los datos que justifican dichas recomendaciones se recogen en el Apéndice I.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4. En este documento de debate se expone la creciente popularidad de la yuca como materia prima para la producción de alimentos destinados al consumo humano, piensos animales y para la industria farmacéutica y la confitería. También se destaca su importancia en la exportación comercial, cuya importancia es cada vez mayor. En él se aborda el efecto sobre la salud de los factores antinutricionales presentes en la yuca y los productos a base de yuca, en particular el ácido cianhídrico y las micotoxinas. Todo ello con el fin de asesorar al CCCF en su 12.ª reunión sobre la viabilidad de establecer NM de HCN en productos de yuca fermentada y decidir si la contaminación por micotoxinas constituye un motivo de preocupación para la salud pública. Estos trabajos derivaron en las siguientes recomendaciones:
  - (a) Los niveles de HCN hallados en tres productos alimenticios de yuca fermentada procedentes de África occidental: *gari*, *lafun* y *fufu* superaban el NM de 2,00 mg/kg de ácido cianhídrico libre fijado para el gari, con lo que la mayoría de ellos podría conllevar una ingesta superior a la IDTMP de 0,02 mg/kg de peso corporal.
  - (b) El documento de debate pone de manifiesto la presencia de aflatoxinas, ocratoxina A, deoxinivalenol, 15-acetil deoxinivalenol, fumonisina B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub>, zearalenona, alfa-zearalenol y fusarenona-X en gari, lafun, hojuelas de yuca, harina de yuca y pan de seis países africanos, concretamente Nigeria, Camerún, Uganda, Kenia, Sierra Leona y Rwanda.
  - (c) En torno a 20 de los 581 productos alimenticios de yuca de estos seis países sometidos a prueba presentaron niveles para el total de aflatoxinas superiores al hipotético límite de 10 µg/kg y tan solo

<sup>1</sup> REP17/CF párrs. 14 y 15

tres de 28 muestras analizadas en busca de la aflatoxina B<sub>1</sub> de Nigeria reflejó un contenido en toxinas superior al límite hipotético de 2 µg/kg. Por el contrario, 10 de las 18 muestras de gari analizadas en busca de la ocratoxina A, también procedentes de Nigeria, tenían un contenido en toxinas superior al hipotético límite de 5 µg/kg. A excepción de estas toxinas, las aflatoxinas y la ocratoxina A, todas estas toxinas presentaban concentraciones superiores a los límites hipotéticos fijados con el fin de extraer conclusiones para debatir.

- (d) Si se analizan suficientemente los datos incluidos en el apartado “3” anterior para extraer conclusiones, las aflatoxinas y las ocratoxinas son las únicas toxinas que pueden suponer una preocupación para la salud pública en el *gari*.
- (e) No obstante, la parcialidad de los datos incluidos en este trabajo que solo atañen a África, así como lo limitado de los datos empleados (18 muestras) sobre la ocratoxina A, haría que las conclusiones (1-4) extraídas del trabajo no resulten representativas para el resto del mundo.
- (f) En vista de lo incluido en el apartado “5” anterior, recomendamos encarecidamente dar otro año al GTe para recabar datos con una representatividad mundial y presentar el documento de debate en la 13.ª reunión del CCCF, que subraya la necesidad de que la CAC utilice plataformas adecuadas para que los países miembros, especialmente de África, Asia y América del Sur y Central y el Caribe, ofrezcan información y datos útiles sobre HCN y micotoxinas en productos a base de yuca al GTe.

**INFORMACIÓN BÁSICA**  
**(Para información a los miembros del Codex y los observadores**  
**a la hora de considerar las conclusiones y recomendaciones)**

**Consideración de NM para HCN en el CODEX**

1. En su 30.º período de sesiones (2007), la Comisión del Codex Alimentarius (CAC) coincidió con la recomendación formulada por el Comité Ejecutivo (CCEXEC) en su 59.ª reunión (2007) de adoptar el Anteproyecto de norma para la yuca amarga, elaborado por el Comité sobre Frutas y Hortalizas Frescas (CCFFV) en el trámite 5 y que, como tema aparte, el Comité sobre Contaminantes de los Alimentos (CCCF) debía considerar los niveles de seguridad de ácido cianhídrico (HCN) propuestos en la Norma, con el fin de que el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) reevaluara los glucósidos cianogénicos (GC).<sup>2</sup>
2. La CAC, en su 31.º período de sesiones (2008), devolvió el Anteproyecto de norma para la yuca amarga al CCFFV para seguir trabajando en él (trámite 6), sobre el etiquetado y el procesamiento de la yuca amarga, habida cuenta de las cuestiones de seguridad reconocidas en caso de consumir yuca sin el procesamiento adecuado, con el fin de presentarlo al Comité sobre Etiquetado de los Alimentos (CCFL) para que lo volviera a estudiar.<sup>3</sup>
3. Los niveles propuestos de HCN del Anteproyecto de norma para la yuca amarga son los siguientes *en cursiva: [Las variedades amargas de yuca son aquellas que contienen más de 50 mg/kg pero menos de 200 mg/kg de HCN (considerando el peso del producto fresco). En cualquier caso, la yuca se debe pelar y cocinar completamente antes de consumirla].*
4. El CCCF, en su 2.ª reunión (2008), planteó la necesidad de que el JECFA volviera a estudiar los glucósidos cianogénicos.
5. Un aspecto esencial a la hora de considerar la seguridad de la yuca dulce y amarga es si las instrucciones actuales de preparación son suficientes para garantizar un consumo seguro de estos alimentos. No está claro el nivel de procesamiento necesario para que cambien los niveles iniciales de glucósidos cianogénicos en la yuca amarga. Así, por ejemplo, no está claro hasta qué punto, después de pelar y cocinar el producto, son necesarias otras técnicas de preparación para reducir convenientemente el riesgo de la yuca con 50 mg/kg de HCN (considerando el peso del producto fresco) en comparación con 200 mg/kg de HCN (considerando el peso del producto fresco).
6. El propio CCCF destacó que en la 39ª reunión del JECFA (JECFA39) (1992) se evaluó la exposición alimentaria potencialmente excesiva a los glucósidos cianogénicos, principalmente de la yuca, pero también de otros productos, y que, ante la falta de información cuantitativa, toxicológica y epidemiológica en aquel momento, el JECFA no pudo llegar a una conclusión sobre un nivel seguro de exposición alimentaria para esta sustancia tóxica natural. Aun así, el JECFA (OMS 1993) concluyó también que un nivel de hasta 10 mg/kg de HCN en la *Norma para la harina de yuca comestible* (CXS 176-1989) no se asociaba a una toxicidad aguda. La revisión de los datos disponibles por parte de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria en 2004 llegó a una conclusión similar.
7. Existen algunas publicaciones de la FAO que abordan buenas prácticas agrícolas y de fabricación para el cultivo y el procesamiento de la yuca, incluyendo otros trabajos en curso en este ámbito, para ayudar a los países en el cultivo, el procesamiento y la manipulación de este producto. En el caso de que en el futuro se considere necesario un Código de Prácticas o un NM de glucósidos cianogénicos, esta información se deberá tener en cuenta.
8. En la 2.ª reunión del CCCF, se acordó<sup>4</sup> que un grupo de trabajo por medios electrónicos (GTe), dirigido por Australia, preparase un documento de debate que incluyera un resumen de los datos disponibles sobre glucósidos cianogénicos, encaminado a una posible reevaluación por parte del JECFA. Al presentar su informe, el GTE incluyó las siguientes recomendaciones:
  - a. Se insta al JECFA a volver a examinar los datos disponibles sobre glucósidos cianogénicos y a emitir un dictamen sobre las implicaciones para la salud pública de los glucósidos cianogénicos y sus derivados en los alimentos. Más concretamente, si existen datos suficientes para establecer una norma de salud adecuada, como puede ser una dosis de referencia aguda o un límite diario tolerable, para los glucósidos cianogénicos o sus derivados presentes en los alimentos.

---

<sup>2</sup> ALINORM 07/30/REP párr. 92

<sup>3</sup> ALINORM 08/31/REP párrs. 37-39

<sup>4</sup> ALINORM 08/31/41 párr. 180

- b. El JECFA debe considerar si el nivel actual de 10 mg/kg de HCN como máximo en la *Norma para la harina de yuca comestible* sigue siendo un nivel adecuado no asociado a una toxicidad aguda, y si este nivel sería aplicable a otros alimentos que contengan HCN.
  - c. El JECFA debe considerar qué niveles de estos glucósidos cianogénicos y sus derivados son adecuados en los alimentos, incluyendo los niveles correctos para reducir al mínimo los riesgos para la salud pública derivados del consumo de alimentos con contenido en glucósidos cianogénicos y sus derivados.
  - d. El JECFA debe considerar un descriptor adecuado para el total de HCN en los alimentos.
  - e. Teniendo en cuenta las evaluaciones del JECFA, que el CCCF se plantee desarrollar un Código de Prácticas para la producción, procesamiento y comercialización de alimentos que puedan contener glucósidos cianogénicos o sus derivados. En consulta con el CCFL, esto incluiría considerar si es necesaria más información para estos alimentos con el fin de garantizar un procesamiento adecuado de los alimentos con contenido en glucósidos cianogénicos por parte del consumidor antes de su consumo.
  - f. A la recepción de asesoramiento sobre evaluación de riesgos del JECFA, el CCCF y el Comité sobre Métodos de Análisis y Toma de Muestras (CCMAS) deben revisar las normas relevantes actuales del Codex para garantizar que estas sean coherentes en relación con los límites de glucósidos cianogénicos y sus derivados en los alimentos.
9. En la 3.<sup>a</sup> reunión del CCCF (2009), Australia presentó un documento de debate sobre glucósidos cianogénicos. El CCCF acordó<sup>5</sup> instar al JECFA a volver a examinar los datos disponibles sobre glucósidos cianogénicos y a emitir un dictamen sobre las implicaciones para la salud pública de los glucósidos cianogénicos y sus derivados en los alimentos. Por otra parte, teniendo en cuenta las evaluaciones del JECFA, que el CCCF se planteara desarrollar un Código de Prácticas para la producción, procesamiento y comercialización de alimentos que puedan contener glucósidos cianogénicos o sus derivados.
  10. En la 72.<sup>a</sup> reunión del JECFA (2010), el JECFA llevó a cabo una evaluación de riesgos de glucósidos cianogénicos en los alimentos. Los glucósidos cianogénicos pueden provocar un envenenamiento agudo en el ser humano, así como diversas afecciones crónicas asociadas a la producción de yuca con un procesamiento insuficiente. El JECFA fijó valores de referencia basados en la salud (HBGV) para los glucósidos cianogénicos; a saber, una dosis de referencia aguda (DRA) de 0,09 mg/kg de peso corporal, expresada en equivalentes de cianuro, y una ingesta diaria tolerable máxima provisional (IDTMP) de 0,02 mg/kg de peso corporal, como cianuro.
  11. En los cálculos de la exposición alimentaria se incluyeron estimaciones conservadoras (conversión total de glucósidos cianogénicos a ácido cianhídrico, sin tener en cuenta los efectos de la preparación o procesamiento de los alimentos en la mayoría de los casos). Indican posibles superaciones de las dosis de referencia agudas y subcrónicas en algunos grupos de población.
  12. Dados los posibles efectos sobre la salud, es importante considerar si los NM actuales en las normas sobre productos ofrecen la suficiente protección y si están garantizados los NM en otros productos. Asimismo, es conveniente desarrollar directrices para reducir la concentración de HCN en los alimentos.
  13. El CCCF, en su 6.<sup>a</sup> reunión (2012), acordó crear un grupo de trabajo por medios electrónicos dirigido por Australia y copresidido por Nigeria para iniciar un nuevo trabajo sobre un código de prácticas y niveles máximos de ácido cianhídrico en la yuca y los productos de yuca para solicitar observaciones en el trámite 3 y debatirlo en la siguiente reunión.<sup>6</sup>
  14. En la 7.<sup>a</sup> reunión del CCCF (2013), el GTe que estaba trabajando en la revisión de los NM, el desarrollo de un código de prácticas (CDP) y la identificación de métodos analíticos adecuados para el análisis de HCN en los alimentos, propuso las siguientes recomendaciones, las cuales fueron adoptadas:<sup>7</sup>
    - a. Revisión o establecimiento de nuevos NM de HCN en la yuca y los productos de yuca
      - i. Se recomienda seguir un planteamiento armonizado para expresar los NM en relación con el HCN generado a partir de los glucósidos cianogénicos naturales. El GTe recomienda que el total de HCN debe hacer referencia a todos los glucósidos cianogénicos, cianhidrinas y HCN "libre" en los alimentos, según se describe en la evaluación más reciente del JECFA (2012).

<sup>5</sup> ALINORM 09/32/41 párr. 108

<sup>6</sup> REP12/CF párrs. 165-168

<sup>7</sup> REP13/CF párrs. 89-92

Esto conllevaría modificar el NM para el gari, de forma que exprese el total de HCN, en lugar del ácido cianhídrico libre. Se recomienda convertir el NM para el gari a un valor que refleje el nivel total de HCN. Dado que el JECFA no fue capaz de caracterizar el riesgo derivado del consumo de gari, esta conversión se puede basar en el nivel actual, a la espera de generar más datos sobre el consumo y la presencia. El CCCF debe plantearse si proponer un nuevo trabajo sobre el descriptor o si éste se debe aplazar hasta que se vuelva a considerar el NM para otros productos de yuca más adelante.

- ii. En la actualidad no hay NM de HCN en la yuca en la *Norma general para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos* (CXS 193-1995) (NGCTAP). En cambio, los tipos de yuca (amarga o dulce) se diferencian por una concentración de HCN de 50 mg/kg en sus respectivas normas. Puede resultar conveniente incorporar NM de HCN derivado de glucósidos cianogénicos a la NGCTAP en algún momento. No obstante, sería más aconsejable tomar esta decisión cuando se disponga de más información para cubrir las lagunas actuales en los datos.
- iii. A falta de un NM del Codex para el ácido cianhídrico en la yuca amarga en la NGCTAP, la norma para la yuca amarga permite que la legislación nacional del país importador establezca un nivel máximo aceptable sobre una base de seguridad a la espera del resultado del trabajo del Comité sobre Contaminantes de los Alimentos acerca de los glucósidos cianogénicos. Se recomienda mantener este planteamiento hasta disponer de más información sobre los efectos del procesamiento y los niveles en los productos finales derivados de la yuca amarga.
- iv. En el caso de la harina de yuca no hay estimaciones disponibles de la exposición alimentaria que superen la DRA ni la IDTMP, por lo que no es necesario modificar los NM actuales.
- v. Para otros productos de yuca, en este momento no se deben desarrollar nuevos NM debido al conservadurismo y a la incertidumbre de la evaluación de riesgos, así como a la necesidad de más información sobre las concentraciones de HCN en alimentos a base de yuca.
- vi. Se debe dar prioridad a otras estrategias de gestión de riesgos, en especial al desarrollo y aplicación de un CDP. Una vez entre en vigor el Código de Prácticas se deberán recabar más datos y evaluar su efectividad antes de plantearse establecer un nuevo NM. Esta labor debe ir acompañada de otras iniciativas formativas y de divulgación.
- vii. Se debe instar a los países a seguir recogiendo datos sobre la concentración del total de HCN en la yuca y los productos a base de yuca, los métodos de preparación y las cantidades de consumo después de la aplicación del Código de Prácticas. Se necesitan datos acerca de la cantidad consumida de yuca y productos de yuca, así como de las concentraciones de HCN en los distintos productos de yuca que se consumen en las diferentes regiones.

b. Métodos de análisis

- i. Se puede emplear una variedad de métodos analíticos adecuados para los objetivos con el fin de determinar los niveles de presencia del total de HCN en la yuca y sus productos.
- ii. Se requiere una mayor labor de validación de los métodos analíticos empleados para medir el total de HCN.

c. Desarrollo de un CDP

- i. Se recomendó un Código de Prácticas adecuado para reducir eficazmente el HCN en los siguientes productos de yuca procesados: gari, fufu y fufu en polvo, hojuelas de yuca seca y otros productos de yuca: Lafun, Atteke, Chikwangué, Bila, Farinha, Bikedi y NtobaMbodi.
- ii. También se ofrecieron las prácticas recomendadas basadas en las BPA y BPF para la reducción del HCN en distintos productos de yuca.

15. Textos y normas actuales internacionales y del Codex

- a. En la actualidad, la NCGTAP no prevé NM de HCN en la yuca y sus productos.

- b. La CAC ha elaborado y publicado normas para la yuca dulce, la yuca amarga, la harina de yuca comestible y el gari (un producto que se obtiene al procesar los tubérculos de yuca) (también se puede escribir “gari”). Los aspectos clave de estas normas son:
- i. La yuca dulce se define como un producto dulce con un contenido inferior a 50 mg/kg de “ácido cianhídrico”.
  - ii. La harina de yuca comestible se define como un producto apto para el consumo humano directo en el que el nivel de “ácido cianhídrico total” no debe superar los 10 mg/kg.
  - iii. En el caso del gari, otro producto adecuado para el consumo humano directo, el “ácido cianhídrico total” no debe sobrepasar los 2 mg/kg de ácido cianhídrico libre.
  - iv. La norma para la yuca amarga (300-2010) define como variedades amargas de la yuca aquellas con un contenido superior a 50 mg/kg de cianuros, expresados como ácido cianhídrico (considerando el peso del producto fresco).
  - v. A falta de un nivel máximo del Codex para el ácido cianhídrico en la yuca amarga en la NGCTAP, ésta permite que la legislación nacional del país importador establezca un nivel máximo aceptable sobre una base de seguridad a la espera del resultado del trabajo del CCCF acerca de los glucósidos cianogénicos.
- c. Los requisitos de etiquetado previstos en la norma para la yuca dulce exigen que se indique que la yuca se debe pelar y cocinar completamente antes de su consumo.
- d. Los requisitos de etiquetado para la yuca amarga para advertir al consumidor de los posibles riesgos son:
- i. la yuca no se debe comer cruda
  - ii. la yuca se debe pelar, retirar el centro, cortar en trozos, lavar y cocinar completamente antes de su consumo
  - iii. el agua de cocción o de lavado no se debe consumir ni utilizar para preparar otros alimentos.
- e. La CAC, en su 36.º período de sesiones (2013), a partir de las recomendaciones formuladas por el CCCF en su 7.ª reunión, adoptó un Código de prácticas para reducir el ácido cianhídrico (HCN) en la yuca (mandioca) y los productos de yuca, encaminado a orientar a los agricultores y empresas de procesamiento acerca de las mejores prácticas para garantizar la eliminación o reducción al nivel mínimo posible de ácido cianhídrico en la yuca.<sup>8</sup>
- f. En algunos países se ha establecido un NM de HCN total para la yuca y sus alimentos derivados, incluyendo hojuelas/chips de yuca listas para el consumo, para un número limitado de sustancias (**Anexo 1**)

### Información general sobre la yuca y productos de yuca fermentada

16. La yuca (*Manihot esculanta* Crantz) es un arbusto de raíz tuberosa con un alto contenido de almidón, perteneciente a la familia de las euforbiáceas. Este arbusto, cultivado principalmente por sus almidones, se domesticó en la región central y occidental de Brasil hacia el año 4600 a.C. (Pope *et al.* 2001) y de allí fue llevada a África por los comerciantes portugueses en el siglo XVI. Existen numerosas especies y variedades de yuca, pero todas ellas se clasifican en dulces o amargas en función del contenido de glucósidos cianogénicos de su raíz. Las variedades amarga y dulce tienen un contenido alto ( $\geq 100$  mg/kg) y bajo ( $\leq 50$  mg/kg) de HCN, respectivamente.
17. Se trata del sexto cultivo del mundo por cantidad de producción y consumo, por detrás de la caña de azúcar, el maíz, el arroz, el trigo y la patata (FAOSTAT, 2017). Se cultiva en 103 países, sobre una extensión total de 23 482,052 hectáreas de terreno en el mundo. La producción mundial de yuca procede de 40 países de África, 12 de América del Sur, 16 de Asia y 13 de Oceanía, siendo África el continente que más produce, con más de un 50% del cultivo total. Los diez principales productores de yuca en 2016, por orden descendente, fueron Nigeria, Tailandia, Brasil, Indonesia, Ghana, República Democrática del Congo, Viet Nam, Camboya, Angola y Mozambique. Según FAOSTAT (2014), el valor de la producción neta mundial de la yuca en 2014 ascendió a 26 100 millones de dólares estadounidenses.

<sup>8</sup> REP13/CAC párr. 32

18. Esta planta tuberosa es resistente a la sequía, por lo que prospera y se cultiva en terreno árido de regiones tropicales y subtropicales del mundo. Su elevada eficiencia en la gestión del agua en épocas de sequía se debe a la capacidad de la planta para desarrollar raíces finas y profundas que extraen agua de las capas freáticas, cierra los estomas antes de que la planta muestre los primeros síntomas de escasez de agua y reduce la producción de osmolitos que, de otra manera, incrementarían la pérdida de agua en las células durante la sequía (Daryanto *et al.* 2016). Según los autores, también se ha observado una mayor síntesis de ácido abscísico, un compuesto que rebaja la superficie foliar propiciando el desprendimiento de hojas, limitando la formación de hojas nuevas y permitiendo únicamente la producción de hojas pequeñas, con la consiguiente reducción en la pérdida de agua.
19. Este cultivo se produce principalmente por su elevado contenido de almidones (38%) y por constituir una de las fuentes de energía más baratas (Howeler *et al.* 2013). Pese a que la yuca contiene una pequeña cantidad de calcio (16 mg/kg), fósforo (27 mg/kg) y vitamina C (20,6 mg/kg), su contenido en proteínas (1%) y otros nutrientes es muy reducido (Olumide, 2004), por lo que es necesario reforzar con minerales y vitaminas y suplementar con proteínas para una dieta equilibrada en animales. Sin embargo, el elevado contenido de amilopectina (83%) de la yuca le aporta una digestibilidad superior al 75% (Olumide, 2004). Al igual que sucede con otros cultivos, la yuca tiene dos factores antinutricionales tóxicos. Los principios tóxicos son los glucósidos cianogénicos; la linamarina y la lotaustralina, que se hidrolizan y se convierten en ácido cianhídrico, el cual se asocia a intoxicación aguda por cianuro, bocio y pancreatitis crónica.
20. La composición química de la yuca (*Manihot esculanta* Crantz) la convierte en un alimento importante como fuente de energía para el ser humano y los animales. Es el alimento básico de más de mil millones de personas en todo el mundo (FAO, 2011), especialmente en África, Asia y Sudamérica. De las 254 999 000 toneladas de yuca producidas en el mundo en 2013, un 39,5% (100 637 000 toneladas) fue destinado al consumo humano (FAOSTAT). En África, hasta un 70% de la producción de yuca es para el consumo humano, mientras que entre un 35 y un 40% de la yuca que se produce en América Latina y el Caribe y un 41% de la producción asiática se destina al consumo humano directo (Anyanwu *et al.* 2015). En estos continentes, las personas la consumen cocida, frita, tostada, asada y al horno, en bocadillos, aperitivos, sopa, postres y pan (Cuadro 1). Los productos de yuca fermentada más populares, como se muestra en el mismo cuadro, son bebidas alcohólicas, *gari*, *lafun* y *fufu* (*mwanga* o *ugali*)
21. El almidón de la yuca se mezcla en grandes cantidades con concentrados proteínicos y sales minerales para alimentar al ganado. FAOSTAT calcula que un 34,1% (87 059 000 toneladas) de la producción mundial de yuca en 2013 se empleó para la fabricación de pienso, mientras que 67 130 toneladas de yuca, por valor de 39 000 millones de dólares estadounidenses, se exportaron a diversos países para el comercio de productos para el ganado en 2012.
22. El cambio del modelo, al pasar de ser únicamente un cultivo alimentario a convertirse en un producto exportable para su uso como cultivo energético y materia prima industrial mundial, ha acarreado un incremento cercano al 400% de la producción internacional de yuca, pasando de 71 259 839 toneladas en 1961 a 277 102 564 toneladas en 2016, con un 15,1% y un 14,1% dedicado al comercio de importación y exportación, respectivamente (FAOSTAT). La misma fuente de información estima en más de 6 000 millones de dólares estadounidenses el valor de la producción mundial neta de yuca en 2014. En torno a un 15% de la producción mundial del año 2013 se destinó a usos industriales. El almidón de yuca se emplea en la fabricación de alimentos, adhesivos, agentes espesantes, papel y productos farmacéuticos. Se procesa en forma de edulcorantes, principalmente glucosa, jarabe con alto contenido de fructosa y sorbitol. El almidón y los desperdicios de la yuca (la piel) se utiliza para producir etanol y piensos animales. Cada vez se usan más los restos de la yuca para transformarlos en biogás, mientras que los residuos resultantes de este proceso se aprovechan como fertilizantes.
23. La creciente necesidad de yuca, tanto como cultivo alimentario resistente a la sequía y, por consiguiente, un futuro cultivo contra el hambre en condiciones adversas resultantes del cambio climático, como por su elevado perfil industrial actual, combinado con las amenazas a su producción y utilización por el ácido cianhídrico y la probable presencia de micotoxinas, ha hecho que se dedique más atención a este cultivo. Teniendo en cuenta que hay un NM en vigor para el gari pero no para otros productos alimenticios de yuca fermentada, además de la escasez de información sobre micotoxinas en los productos de yuca, hace que sea absolutamente imperativo establecer NM para los alimentos de yuca fermentada; (fufu y fufu en polvo, hojuelas de yuca seca y otros productos de yuca: Lafun, Atteke, Chikwangué, Bila, Farinha, Bikedí y NtobaMbodi) así como determinar si las micotoxinas suponen un motivo de preocupación para la salud en el consumo de estos productos alimenticios.

### Metodología adoptada por el GTe

24. En consecuencia, el presente documento de debate tiene por objeto generar datos actualizados acerca de la incidencia y la concentración de HCN y micotoxinas en los productos de yuca fermentada, y de la exposición alimentaria a estos contaminantes, con el fin de proponer las recomendaciones oportunas a la 12.<sup>a</sup> reunión del CCCF sobre la posibilidad de fijar NM para otros productos alimenticios fermentados aparte del gari y sobre los efectos negativos para la salud pública de las micotoxinas en los productos de yuca.

Si la información obtenida en cuanto a los niveles de HCN en los productos de yuca fermentada y los cálculos de la exposición alimentaria apuntan a que se supera la DRA o la IDTMP, será preciso recomendar un NM de los contaminantes en dichos producto(s). La ingesta diaria tolerable máxima provisional (IDTMP) es de 0,02 mg/kg de peso corporal, mientras que para el gari, el NM es de 2,00 mg/kg de ácido cianhídrico libre.

25. De igual manera, si se hallan micotoxinas a niveles superiores al NM establecido en los productos fermentados, conllevará que se exceda la DRA y la IDTMP y por tanto, que se declare como motivo de preocupación para la salud pública.

### Información general sobre el ácido cianhídrico

26. El ácido cianhídrico es un líquido o gas incoloro o blanquecino con un débil olor amargo similar al de las almendras, que se libera a la atmósfera como consecuencia de procesos biogénicos naturales de plantas superiores, bacterias y hongos (Orjiekwe *et al.*, 2013).
27. El ácido cianhídrico se puede producir tras la hidrólisis de los glucósidos cianogénicos; la linamarina y una pequeña cantidad de lotaustralina presentes en la yuca. La linamarina se hidroliza fácilmente en glucosa y cianhidrina de acetona en presencia de la enzima linamarasa, producida también por la planta (Orjiekwe *et al.*, 2013). La cianhidrina de acetona se descompone con rapidez en condiciones neutras o alcalinas, liberando ácido cianhídrico y acetona, como se muestra a continuación

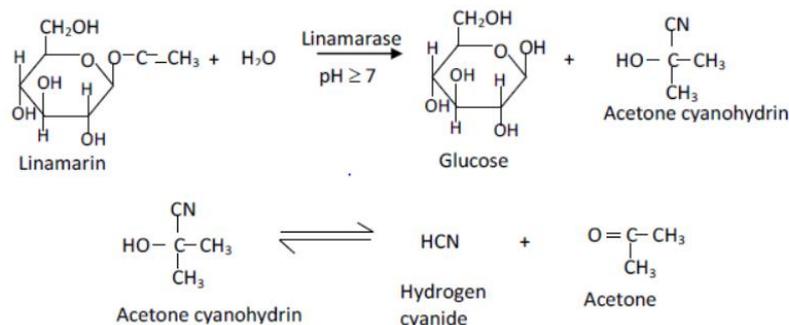


Gráfico 1: Hidrólisis enzimática de la linamarina. Fuente: Orjiekwe *et al.*, 2013

28. El mecanismo comporta una reacción en dos pasos: la penetración de cianuro en una grieta de la proteína, con la unión inicial del cianuro a la proteína, y el segundo paso, que consiste en la unión del cianuro con el hierro hemo. El cianuro ejerce su efecto tóxico uniéndose al ion férrico de la citocromo c oxidasa, una enzima responsable de aproximadamente el 90% de la absorción total de oxígeno en la mayoría de las células a través de la cadena de transporte de electrones (Baskin *et al.*, 2004). El cianuro actúa como inhibidor de la cadena de transporte de electrones al unirse de forma no competitiva a la citocromo c oxidasa (complejo IV) y alterando la forma de su sitio activo. La consecuencia es que ya no se pueden liberar electrones en el oxígeno y se detiene la cadena de suministro de electrones (Garett y Grisham, 2005), ocasionando un descenso en la utilización de oxígeno en los tejidos. También provoca un aumento de los niveles de glucosa en sangre y de ácido láctico, así como una reducción de la relación ATP/ADP, lo que indica un cambio de metabolismo aeróbico a anaeróbico (OMS, 1993).
29. El grado con el que el HCN ejerce su efecto viene dado por tres factores, fundamentalmente: la cantidad de exposición, la ruta de exposición y el periodo de tiempo durante el que se está expuesto (MDOCH, 2004). El envenenamiento por HCN se produce de dos maneras: agudo y crónico. En el envenenamiento agudo, la exposición breve a niveles bajos de cianuro por inhalación, absorción cutánea o ingestión da como resultado una aceleración de la respiración y el ritmo cardíaco, agitación, mareos, debilidad, cefaleas y náuseas/vómitos en tan solo unos minutos (Mburu, 2013). Sin embargo, el envenenamiento crónico por exposición prolongada a bajos niveles de cianuro

puede provocar problemas respiratorios, irritación ocular, dolor en el pecho o el corazón, vómitos, pérdida de apetito, cefaleas, hemorragias nasales, agrandamiento de la glándula tiroidea (bocio) e incluso la muerte. Asimismo, la neuropatía atáxica tropical (TAN) es también un síndrome asociado a la exposición alimentaria al cianuro a través de yuca preparada incorrectamente. La TAN es un trastorno progresivo que afecta principalmente a personas mayores (CCDN News, 2008). Las personas que sobreviven a una exposición crónica al cianuro pueden desarrollar daños cerebrales y cardíacos y, en algunos casos, deterioro del sistema nervioso central a causa de la falta prolongada de oxígeno en el sistema de órganos (Baskin *et al.*, 2004). Se registró la incidencia de polineuropatía atáxica en Ososa, en el sudoeste de Nigeria, de 22 por 1 000 en 1969, 60 por 1 000 en 1998 y 64 por 1 000 en 2003 (Oluwole *et al.*, 2013) atribuida al envenenamiento por cianuro a través de productos alimenticios de yuca. En Malasia se registró un caso de envenenamiento por yuca (ubikayu) tras consumirla una madre y sus tres hijos, con el resultado del fallecimiento de una de las hijas con síntomas como náuseas, calambres abdominales, diarrea, vómitos y somnolencia (Arriffin *et al.*, 1992). Se refirió visión deficiente/en color por el consumo de pequeñas cantidades de cianuro durante un período prolongado de tiempo por el procesamiento inadecuado de raíces de yuca para transformarla en la metrópolis de Zaria, Nigeria, lo que contribuye a la elevada prevalencia de ceguera y discapacidad visual grave (Yusuf *et al.*, 2014).

30. El nivel de ácido cianhídrico (HCN) en la in yuca restringen el uso de este tubérculo y de sus productos en el pienso y la alimentación del ganado, lo que requiere que las dietas basadas en yuca se tengan que suplementar con metionina y lisina, ya sean puras o en forma de suplementos proteínicos animales, en especial la harina de pescado (FAOSTAT, 2013).
31. Los niveles de cianuro se pueden reducir notablemente e incluso eliminar, en determinados casos, dependiendo de los métodos de procesamiento empleados (FOA, 2004). Entre los métodos más utilizados se incluye una combinación de procedimientos, como el pelado, troceado, fermentación, cocción, secado, golpeado o molienda y cribado. Se ha demostrado que la fermentación reduce y, en algunos casos, elimina completamente el HCN en productos de yuca (fermentación en bucle) (Egwim *et al.*, 2013).

En primer lugar se pela la yuca (en torno a un 60-70% del veneno se encuentra en la piel) y a continuación se pone en remojo en agua estancada o se fermenta en sacos durante tres días, aproximadamente. A veces se ralla o se raspa, ya que contribuye a acelerar el proceso de fermentación (Milena *et al.*, 2013). Al inicio de la fermentación, la *Geotricum candidia* actúa sobre la yuca. Esto hace que el producto se vuelva ácido, acabando con los microorganismos, que no sobreviven en un medio así. En ese momento toma el relevo una segunda variedad de microorganismos (*Corynebacterium lactis*) capaces de tolerar el entorno ácido y al cabo de tres días, entre un 90 y un 95% de las sustancias químicas peligrosas se habrán hidrolizado. De este modo, la yuca desarrolla también su sabor característico. A continuación, el producto se criba y la finas partículas de almidón se frien en una sartén al fuego o con un poco de aceite. Este proceso hace que se libere la mayoría, si no todo, del HCN restante. El líquido obtenido de fermentaciones anteriores se utiliza a modo de acelerador, reduciendo el período de fermentación a unas 6-8 horas (Egwim *et al.*, 2013).

32. La fermentación en bucle se lleva a cabo empleando un cultivo acelerador de un producto ya fermentado para inocular un lote nuevo con el proceso de fermentación. De este modo, se “enseña” a los organismos a aprovechar los compuestos del sustrato de fermentación y se acidifica añadiendo sobre él zumo de lima (cítrico) exprimido antes de comenzar la inoculación (Egwim *et al.*, 2013).

### **Concentración y exposición alimentaria al HCN (ácido cianhídrico) en la yuca fermentada**

33. La concentración de HCN en el *gari*, *fufu* y *akpu* de Nigeria y Sierra Leona (Cuadro 2) recogida en nueve publicaciones superaba en su mayor parte el NM de 2,00 mg/kg en los productos. Una búsqueda bibliográfica realizada por el GTe no arrojó datos sobre la exposición alimentaria al HCN.

## **Evaluación de los NM existentes en relación con la exposición alimentaria al HCN en los productos de yuca fermentada**

*A la espera de que los miembros del GTE u otras naciones pertenecientes al CCCF presenten sus informes sobre los NM actuales de HCN en la yuca fermentada*

### **Necesidad y viabilidad de establecer un NM de HCN en todos los productos de yuca fermentada**

*Se difiere al JECFA a raíz de la respuesta recibida a la petición de datos*

### **Armonización de la expresión de niveles de HCN -**

*Están pendientes las sugerencias justificadas para armonizar la expresión de los niveles de HCN, esto es, libre o HCN total.*

### **Niveles de micotoxinas en algunos productos de yuca fermentada**

#### **Gari**

Los datos recogidos para el gari demostraron que se halló el total de aflatoxinas en un 22,64% (106/404) de las muestras analizadas, en un rango de 0,05-13,8 µg/kg (Cuadro 3). La aflatoxina B1 se detectó en un 72,2% (13/18) de las muestras analizadas con una concentración media de 0,25 µg/kg. Un 37,5% (9/24) de las muestras presentaban contaminación por deoxinivalenol (DON) en un rango de 35-99 µg/kg, con un promedio de 57 µg/kg. La fumonisina B1 aparecía en un 25% (6/24) de las muestras en un rango de 45-80 µg/kg y un valor promedio de 6 µg/kg. La zearalenona (ZEN) estaba presente en un 16,7% (4/24) de las muestras en un rango de 11-17 µg/kg. El resto de micotoxinas detectadas son el DON-3G, la fumonisina B2 (FB2), el diacetoxiscirpenol (DAS) y T-2.

#### **Lafun**

No se detectaron aflatoxinas en el lafun, pero sí contaminación por DON, FB1 y ZEN en 36 muestras de lafun, en un 27,8% (31-91 µg/kg), 44% (44-256 µg/kg) y 5,6% (13-16 µg/kg), respectivamente. De este modo, comparativamente se aprecia menor incidencia del DON en el lafun, una mayor incidencia (aunque con menores niveles) de FB1 en el lafun y menor incidencia y niveles de ZEN en el lafun. Otras micotoxinas detectadas en el lafun son 15ADON, FB2, DAS, FUS-X y a-zearalenol.

### **Implicaciones para la salud de la incidencia y los niveles de micotoxinas hallados en los productos de yuca fermentada**

La incidencia de aflatoxinas en el gari y el lafun consumidos en toda Nigeria apunta a la posibilidad de un efecto toxicológico crónico o agudo. Cáncer hepático, cirrosis hepática, inmunosupresión, problemas de crecimiento, mutagénesis y la muerte son consecuencias atribuidas a la ingestión de alimentos o productos alimenticios contaminados con aflatoxinas. La contaminación por aflatoxinas superior a 200 µg/kg en el maíz provocó la muerte de más de 106 indios occidentales y de 125 nativos de Kenia (Bhumi y Chinnam, 2007; Azziz-Baumgartner et al, 2005). Por otra parte, también se registró inmunosupresión en Gambia (Turner et al., 2003) y retraso en el crecimiento infantil y bajo peso en niños de Togo, Benín y Tanzania (Gong et al., 2004).

Si bien aún hay que analizar la exposición alimentaria a las micotoxinas, a partir de los valores de toxinas encontrados en Nigeria, principalmente, no es probable que se puedan producir efectos agudos por una fuente única de yuca, aunque sí pueden provocar efectos sobre la salud a largo plazo.

Los datos de seguridad alimentaria de la FAO de 2012 revelan que cada nigeriano, según el estudio 2005 - 2007, consume 321,89 g de yuca/persona/día (FAOSTAT, 2012 - <http://nso.nigeria.opendataforafrica.org/bpgqoxe/fao-food-security-data-by-food-groups-items-june-2012>) lo que constituye hasta un 10% de la ingesta de alimentos.

## **REFERENCIAS**

David Miles, Edward Jansson, My Chi Mai, Mounir Azer, Peter Day, Craig Shadbolt, Victoria Stitt, Andreas Kiermeier, And Elizabeth Szabo (2011). A Survey of Total Hydrocyanic Acid Content in Ready-to-Eat Cassava-Based Chips Obtained in the Australian Market in 2008. *Journal of Food Protection* (74):6 980–985. doi:10.4315/0362-028X.JFP-10-557

Patrick Kamau Gacheru, George Ooko ABONG, Michael Wandayi Okoth, Peter Obimbo Lamuka, Solomon A Shibairo1 and Christine Masha Katama (2015). Cyanogenic Content, Aflatoxin Level and Quality of Dried Cassava Chips and Flour Sold in Nairobi and Coastal Regions of Kenya. *Current Research in Nutrition and Food Science* 3(3), 197-206

- Cynthia AdakuChilaka, Marthe De Boevre, Olusegun OladimejiAtanda, Sarah De Saeger (2018). Prevalence of *Fusarium* micotoxinas in yuca and yam products from some selected Nigerian markets. *Food Control* 84: 226-231
- G.Essono, M.Ayodele, A.Akoab, J.Foko, O.Filtenborg, S.Olemboe (2009). Aflatoxin-producing *Aspergillus* spp. and aflatoxina levels in stored yuca chips as affected by processing practices. *Food Control*, 20:7, 648-654
- Adegoke, G.O; Akinnuoye, O.F.A. and Akanni, A.O. (1993). Effect of processing on the mycoflora and aflatoxina B1 level of a yuca-based product. *Plant Foods Hum. Nutrit.* 43, 191-196.
- Cynthia AdakuChilaka, Marthe De Boevre, Olusegun Atanda, Sarah De Saeger (2017). Prevalence of *Fusarium* micotoxinas in yuca and yam products from some selected Nigerian markets. *Food Control* 84(2018)226-231. DOI10.1016/j.foodcont.2017.08.005
- Adebayo B. Abass, WasiuAwoyale, Michael Sulyok and Emmanuel O. Alamu (2017). Occurrence of Regulated Mycotoxins and Other Microbial Metabolites in Dried Cassava Products from Nigeria. *Toxins* 9,207
- I.N. Ibeh, N. Uraih and J.I. Ogonor (1991). Dietary exposure to aflatoxina in Benin City, Nigeria: a possible salud pública concern. *International Journal of Food Microbiology*, 14:171-174
- Hussaini Anthony Makun, A.L. Adeniran, Simeon ChidawaMailafiya, Ifedapo Solomon Ayanda, AfeezTemitayoMudashiru, Uzochukwu Jeffrey Ojukwu, Abel Sunday Jagaba, Zakari Usman, Danlami Adam Salihu (2013). Natural occurrence of ocratoxina A in some marketed Nigerian foods. *Food Control* 31: 566-571
- Ogiehor, I.S., M.J. Ikenebomeh, and A.O. Ekundayo. 2007. The bioload and aflatoxina content of market garri from some selected states in southern Nigeria: Public health significance. *African Health Sciences* 7: 223–227
- O. Adejumo, O. Atanda, A. Raiola, R. Bandyopadhyay, Y. Somorin, A. Ritieni(2013). Correlation between aflatoxina M<sub>1</sub> content of breast milk, exposición alimentaria to aflatoxina B<sub>1</sub> and socioeconomic status of lactating mothers in Ogun State, Nigeria  
*Food Chem Toxicol*, 56-171-177
- Bhumi N R and Chinnam R R (2007). Outbreaks of Aflatoxicoses in India. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*, 7(5). Available on <http://www.bioline.org.br/request?nd07046>
- Azziz-Baumgartner E, Lindblade K, Gieseke K, Rogers H S, Kieszak S, Njapau H, Schleicher R, McCoy L F, Misore A, KevinDeCock, Rubin C and Slutsker(2005). Case–Control Study of an Acute Aflatoxicosis Outbreak, Kenya, 2004. *Environmental Health Perspectives*, 113(12), 1779-1783; DOI:10.1289/ehp.8384
- J. Rubert, S.O.Fapohunda, C. Soler, C.N. Ezekiel, J. Mañ±es, F. Kayode (2013). A survey of micotoxinas in random street-vended snacks from Lagos, Nigeria, using QuEChERS-HPLC-MS/MS. *Food Control* 32 (2), 673-677 <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.01.017>

**Anexo I**

Cuadro 1: Productos alimenticios a base de yuca de diversos países del mundo

Continente	País	Nombre de los productos alimenticios no fermentados	Nombre de los productos alimenticios fermentados
América del Sur	Bolivia	Yuca cocida y frita	
	Brasil	Raíz cocida para hacer pasta- <i>Vaca-atolada Pirão</i> - gachas similares a la salsa de carne preparadas mediante la cocción de restos de pescado (cabezas y espinas) con harina de yuca. <i>Farofa</i> -yuca ligeramente tostada Pastel de yuca Yuca cocida en pudín dulce	
	Colombia	<i>Sancocho</i> - Sopa <i>Pandebono</i> pan a partir de masa de Yuca <i>Bollo de yuca</i> - masa cocida servida con queso y mantequilla. <i>Enyucados</i> - postre de yuca molida y cocida Yuca cocida, frita y tostada	
	Surinam	<i>Telo</i> - yuca al vapor y frita con pescado salado.	
	Ecuador	<i>Yuquitos</i> , hojuelas cocidas y fritas, <i>Bolitos de yuca</i> - pan, masa de yuca, masa de yuca cocida al horno.	<i>Chicha</i> - bebida fermentada tradicional
	Paraguay	<i>Chipa</i> - pan de queso cocido en forma de bagel	
	Perú	Yuca cocida y frita	
	Venezuela	Yuca cocida, frita y a la parrilla <i>Plancha</i> - yuca molida tostada, como panqueques. <i>Casabe</i> - panqueque	
	América Central	Belice	<i>Bammy</i> - pastel de yuca frita. Receta de postre de yuca Componente de <i>Bile up</i> . <i>Ereba</i> - pan de yuca
El Salvador		Yuca en sopa y en bocadillo <i>Yuca Frita con Chicharrón</i> - yuca frita	
Costa Rica		Cocida, frita y en aperitivos	
Panamá		<i>Carimanolas</i> - masa de yuca cocida y machacada	
Nicaragua		En sopa y en las recetas de <i>vigoron</i> y <i>vaho</i>	
Caribe	Cuba	<i>Casabe</i> - pan plano redondo <i>Yucafrita</i> - similar a las patatas fritas. Ingrediente del guiso vegetariano cubano ( <i>Ajiaco</i> ) y de los <i>Buñuelos</i> cubanos, versión cubana de la receta original española	
	Haití	En forma de pan, harina cocida para preparar <i>Moussa</i> , diversas sopas conocidas como <i>joumou</i> y galletas <i>BonBonLamindon</i>	
	República Dominicana	Utilizada en pan de yuca ( <i>casaba</i> ), patatas fritas ( <i>arepitas de yuca</i> ), masa de harina de yuca ( <i>catibía</i> ) y fritas y ralladas ( <i>chulos</i> ).	
	Puerto Rico	Utilizada en guiso ( <i>Sancocho</i> ), consumida cocida, en forma de pasta ( <i>masa</i> ) y otros platos ( <i>pasteles</i> y <i>alcapurrias</i> )	
	Jamaica	Pastel de yuca ( <i>Bammy</i> )	

Continente	País	Nombre de los productos alimenticios no fermentados	Nombre de los productos alimenticios fermentados
	Bahamas	Consumida cocida, en sopa con okra y en pasteles	
	Caribe Oriental	Cocida y servida en albóndigas de harina y otras hortalizas de raíz	
	Bermuda	Pastel de yuca y hojuelas de yuca (para exportación)	
África	Nigeria y Sierra Leona	Yuca cocida	<i>Eba o garri, lafun y fufu</i>
	África Central	Consumida cocida, machacada, cocinada y en aperitivo.	
	República Unida de Tanzania y Kenya	Frita, tostada y harina de yuca en forma de <i>ugali, mwanga o fufu</i> .	<i>ugali, mwanga o fufu.</i>
	República Centroafricana	Frita, cocida, en aperitivos y pan	
Asia	China	Producción de etanol/comercio de exportación	
	India	Cocida, frita para hacer chips y en pudines dulces de leche.	
	Indonesia	Cocida, frita o al horno.	Se fermenta para preparar <i>peuyeum</i> y <i>tape</i> , una pasta dulce que se puede mezclar con azúcar y elaborar la bebida alcohólica (verde) es <i>tape</i> .
	Filipinas	Al vapor, consumida sola, como postre	
	Sri Lanka	Consumida como suplemento alimenticio, cocida	
	Viet Nam	Tapioca	

**Anexo II**

Cuadro 2: Presencia y concentración de ácido cianhídrico en productos de yuca fermentada

Producto de yuca fermentada	País/Ciudad	Número de muestras contaminadas /número total de muestras analizadas	Rango de concentración	Media ± SD	N.º de muestras que superan el NM de HCN de 2 mg/kg	Límite de detección de método	Referencia
Gari	Nigeria Okada, Estado de Edo,	12/12	5-10 mg/kg	5±0,10	Todas		Orjiekwe <i>et al</i> , 2013
Fufu	Nigeria Okada, Estado de Edo,	12/12	5-10 mg/kg	10±0,13	Todas		Orjiekwe <i>et al</i> , 2013
Gari blanco (procesado por el investigador)	Nigeria Osusu, IsialaNgwa, Estado de Abia	1/1	3,8-32,2 mg/kg	3,8±0,6	Todas		Odoemelam, 2005
Gari blanco (comprado en un mercado)		20/20	3,70-65,8 g/kg	24,21±17,55	Todas		
Gari amarillo	Nigeria Osusu, IsialaNgwa, Estado de Abia	6/6	0,62-20,3 mg/kg	0,62±0,6	5/6		Odoemelam, 2005
Gari amarillo (comprado en un mercado)		20/20	1,8-52,1 mg/kg	14,35±13,85	19/20		
Gari	Nigeria Estado de Ekiti	6/6	2,10-15,30 mg/kg	8,41±4,75	Todas		Babalola, 2014
Gari (zonas urbanas)	Nigeria Ekiti, Oyo, Lagos, Estados Ondo y Osun	10/10	0,03-0,11 mg/kg	0,07±0,03	0/6		Abimbola, 2012
Zonas rurales		10/10	0,01-0,08 mg/kg	0,03±0,02	0/6		
Akpu	Nigeria Karu, Estado de Nasarawa	2/2	2,04-8,54 mg/kg	2,04±0,64	Todas		Ojo <i>et al</i> , 2013
Gari	Nigeria Karu, Estado de Nasarawa	2/2	2,04-8,54 mg/kg	8,54±0,30	Todas		Ojo <i>et al</i> , 2013
Gari	Nigeria Oshodi, Lagos	4/154	3-200 mg/kg	39,15±38,75	Todas		NAFDAC, 2017
Yuca empapada	Islas Fiji Tonga, Vanuatu y Fiji	10/10	<0,1	<0,1	0/10		Dolodolotawake <i>et al</i> , 2011
Mezcla de yuca fermentada	Nigeria Uyo, Estado de Akwa Ibom	Tubérculos de yuca	8,43-10,73 mg/kg	8,43±2,03	Todas		Uyoh <i>et al</i> , 2009
Fufu				10,73±2,03	Todas		

Producto de yuca fermentada	País/Ciudad	Número de muestras contaminadas /número total de muestras analizadas	Rango de concentración	Media $\pm$ SD	N.º de muestras que superan el NM de HCN de 2 mg/kg	Límite de detección de método	Referencia
Foofoo	Sierra Leona Freetown,	51/51		28,2 $\pm$ 21,2	Todas		Blanshard <i>et al</i> , 1993
Gari		36/36		8,6 $\pm$ 3,45	Todas		

**Anexo III**

Cuadro 3: Presencia y concentración de micotoxinas en productos de yuca fermentada

Producto de yuca fermentada	Tipo de micotoxina	País/ Ciudad	Número de muestras contaminadas/ número total de muestras analizadas	Rango de concentración	Media $\pm$ SD	N.º de muestras que superan el NM de micotoxinas	Límite de detección de método	Referencia
Gari	DON	Nigeria	9/24	35-99	57 $\pm$ 19		14,5	Chilaka <i>et al.</i> , 2017
	DON-3G	Nigeria	3/24	12-20	16 $\pm$ 5		3,2	Chilaka <i>et al.</i> , 2017
	FB1	Nigeria	6/24	45-80	6 $\pm$ 13		15,0	Chilaka <i>et al.</i> , 2017
	FB2	Nigeria	5/24	29-65	40 $\pm$ 15		10,5	Chilaka <i>et al.</i> , 2017
	ZEN	Nigeria	4/24	11-17	14 $\pm$ 7		3,6	Chilaka <i>et al.</i> , 2021
	DAS	Nigeria	2/24	5-10	8 $\pm$ 3		2,0	Chilaka <i>et al.</i> , 2017
	T-2	Nigeria	3/24	17-22	19 $\pm$ 3		4,5	Chilaka <i>et al.</i> , 2017
	Total de aflatoxinas	Nigeria	11/24	0,05-3,3	0,74 $\pm$ 1,03		1	NAFDAC, 2015
	Total de aflatoxinas	Nigeria	18/46	1,1-13,8	1,10 $\pm$ 2,26		1	NAFDAC, 2016
	Total de aflatoxinas	Nigeria	24/34	1,0-5,4	1,73 $\pm$ 1,43		1	NAFDAC, 2017
	AFB1	Nigeria, Ciudad de Benín,	3/10	1500-2000				Ibeh <i>et al.</i> , 1991
	Ocratoxina	Nigeria Estado de Niger,	18/18	3,28-22,73	7,63 $\pm$ 4,07	10	0,001	Makun <i>et al.</i> , 2013
	Total de aflatoxinas	Nigeria Anambra	6/30	0,44-3,69				Ogiehor <i>et al.</i> , 2007
	Total de aflatoxinas	Nigeria Cross River	5/30	0,32-4,57				Ogiehor <i>et al.</i> , 2007
	Total de aflatoxinas	Nigeria Delta	3/30	0,26-3,64				Ogiehor <i>et al.</i> , 2007
	Total de aflatoxinas	Nigeria Edo	4/30	0,13-4,46				Ogiehor <i>et al.</i> , 2007
	Total de aflatoxinas	Nigeria Enugu	5/30	0,37-5,71				Ogiehor <i>et al.</i> , 2007
	Total de aflatoxinas	Nigeria Imo	7/30	0,14-3,16				Ogiehor <i>et al.</i> , 2007
	Total de aflatoxinas	Nigeria Lagos	9/30	0,12-2,54				Ogiehor <i>et al.</i> , 2007
	Total de aflatoxinas	Nigeria Ogun	3/30	0,25-1,66				Ogiehor <i>et al.</i> , 2007
	Total de aflatoxinas	Nigeria Ondo	2/30	0,18-2,41				Ogiehor <i>et al.</i> , 2007
	Total de aflatoxinas	Nigeria Rivers	8/30	0,17-4,14				Ogiehor <i>et al.</i> , 2007
	AFB1		13/18	nd-0,69	0,25	0	0,5 ng/ml	Adejumo <i>et al.</i> , 2013

Producto de yuca fermentada	Tipo de micotoxina	País/ Ciudad	Número de muestras contaminadas/ número total de muestras analizadas	Rango de concentración	Media $\pm$ SD	N.º de muestras que superan el NM de micotoxinas	Límite de detección de método	Referencia
Lafun	DON	Nigeria	10/36	31-91	62 $\pm$ 19		14,5	Chilaka <i>et al.</i> , 2017
	15ADON	Nigeria	3/36	21-36	30 $\pm$ 8		8,5	Chilaka <i>et al.</i> , 2017
	FB1	Nigeria	16/36	44-256	110 $\pm$ 71		15,0	Chilaka <i>et al.</i> , 2017
	FB2	Nigeria	22/36	30-392	116 $\pm$ 89		10,5	Chilaka <i>et al.</i> , 2017
	ZEN	Nigeria	2/36	13-16	15 $\pm$ 2		3,6	Chilaka <i>et al.</i> , 2017
	DAS	Nigeria	11/36	7-22	14 $\pm$ 6		2,0	Chilaka <i>et al.</i> , 2017
	FUS-X	Nigeria	3/36	128-159	143 $\pm$ 16		54,5	Chilaka <i>et al.</i> , 2017
	a-zearalenol	Nigeria Lagos,	1/1	11			6	Rubert <i>et al.</i> , 2013
Hojuelas/harina de yuca	Total de aflatoxinas	Kenya Nairobi y Mombasa,	3/36	2,84-8,89	6,11 $\pm$ 3,05	2	1	Gacheru Patrick <i>et al.</i> , 2015
	Total de aflatoxinas	Nigeria Ogun,	3/4	0,07-0,07	0,05			Adejumo <i>et al.</i> , 2013
Hojuelas de yuca	Total de aflatoxinas	Camerún	18/72	5,2-14,5				Essono <i>et al.</i> , 2009
		Uganda /	4/15	0-3,5	0,633 $\pm$			Kaaya y Eboku, 2010
		Ngora						
		Uganda / Kumil	6/17	0-2,5	0,412 $\pm$			
		Uganda / Bukedea	8/28	0-4,5	0,500 $\pm$			
		Ruanda	0/15	ND				Matsiko <i>et al.</i> , 2017
Pan de yuca					0,03			Adegoke <i>et al.</i> , 1993

**LISTA DE PARTICIPANTES****Presidente**

Dr. Abimbola Opeyemi Adegboye  
Deputy Director / Technical Assistant to Director General  
National Agency for Food and Drug Administration and Control  
NAFDAC, Plot 1 Isolo Industrial Estate  
Lagos, Nigeria.  
[adegboye.a@nafdac.gov.ng](mailto:adegboye.a@nafdac.gov.ng)

**AUSTRALIA**

Dr Matthew O'Mullane  
Section Manager, Codex Australia  
Food Standards Australia New Zealand  
AUSTRALIA  
[codex.contcat@agriculture.gov.au](mailto:codex.contcat@agriculture.gov.au)  
matthew.o'mullane@foodstandards.gov.au

**BRASIL**

Lígia Lindner Shreiner  
Brazilian Health Regulatory Agency  
ANVISA  
[Ligia.Schreiner@anvisa.gov.br](mailto:Ligia.Schreiner@anvisa.gov.br)

Larissa Bertollo Gomes Porto  
Brazilian Health Regulatory Agency  
ANVISA  
[larissa.porto@anvisa.gov.br](mailto:larissa.porto@anvisa.gov.br)

Carolina Araújo Vieira  
Brazilian Health Regulatory Agency  
ANVISA  
[Carolina.Viera@anvisa.gov.br](mailto:Carolina.Viera@anvisa.gov.br)

**CANADÁ**

Elizabeth Elliott  
Head, Food Contaminants Section  
Bureau of Chemical Safety, Health Canada  
[elizabeth.elliott@hc-sc.gc.ca](mailto:elizabeth.elliott@hc-sc.gc.ca)  
Luc Pelletier  
Scientific Evaluator,  
Food Contaminants Section  
Bureau of Chemical Safety, Health Canada  
[luc.pelletier@canada.ca](mailto:luc.pelletier@canada.ca)

**CHILE**

Mrs. Lorena Delgado.  
Coordinator National Committee CCCF.  
Public Health Institute (ISP).  
[ldelgado@ispch.cl](mailto:ldelgado@ispch.cl)

**CHINA**

Mr Yongning WU  
Professor, Chief Scientist  
China National Center of Food Safety Risk Assessment (CFSA)  
Director of Key Lab of Food Safety Risk Assessment, National Health and  
Family Planning Commission  
[wuyongning@cfsa.net.cn](mailto:wuyongning@cfsa.net.cn) [cdc@aliyun.com](mailto:cdc@aliyun.com)

Ms Yi SHAO  
Associate Professor  
Division II of Food Safety Standards  
China National Center of Food Safety Risk Assessment (CFSA)  
[shaoyi@cfsa.net.cn](mailto:shaoyi@cfsa.net.cn)

Mr Minglin WANG  
Professor  
Shandong Agricultural University  
[mlwang@sdau.edu.cn](mailto:mlwang@sdau.edu.cn) [mlwang1963@163.com](mailto:mlwang1963@163.com)

**UE**

Mr Frans Verstraete  
Administrator/European Commission  
Health and Food Safety Directorate-General  
Rue Belliard 232  
1049 Brussels  
Belgium  
[frans.verstraete@ec.europa.eu](mailto:frans.verstraete@ec.europa.eu)

**MÉXICO**

Tania Daniela Fosado Soriano  
Punto De Contacto Codex México  
Secretaría de Economía  
Av. Puente de Tecamachalco N° 6 Piso 2  
Col. Lomas de Tecamachalco, Naucalpan de Juárez  
C.P. 53950 , Edo. de Mex.  
[tania.fosado@economia.gob.mx](mailto:tania.fosado@economia.gob.mx)

**NIGERIA**

Professor Hussaini Anthony Makun,  
Department of Biochemistry,  
Federal University of Technology,  
PMB 65, Minna, Nigeria.  
Email: [hussaini.makun@futminna.edu.ng](mailto:hussaini.makun@futminna.edu.ng)  
Dr Christiana Nkechi Esenwah  
NAFDAC Enugu State Office  
Enugu, Nigeria.  
[christy\\_esenwa@yahoo.com](mailto:christy_esenwa@yahoo.com)

Dr. Hadiza Lami Muhammed,  
Department of Biochemistry,  
Federal University of Technology,  
PMB 65, Minna, Nigeria.  
[hadizalami@futminna.edu.ng](mailto:hadizalami@futminna.edu.ng)

Miss Susan Bekosai Salubuyi.  
Department of Biochemistry,  
Federal University of Technology,  
PMB 65, Minna, Nigeria.  
[susan.salubuyi@yahoo.co.uk](mailto:susan.salubuyi@yahoo.co.uk)

Mr. Daniel Ojochenemi Apeh,  
Department of Biochemistry,  
Federal University of Technology,  
PMB 65, Minna, Nigeria.  
[danapeh@gmail.com](mailto:danapeh@gmail.com)

Miss Queen Ufedo Opaluwa,  
Department of Biochemistry,  
Federal University of Technology,  
PMB 65, Minna, Nigeria.  
[ufedopaluwa@yahoo.com](mailto:ufedopaluwa@yahoo.com)

**REPÚBLICA DE COREA**

Min Yoo  
Ministry of Food and Drug Safety,  
The Republic of Korea  
[Codexkorea@korea.kr](mailto:Codexkorea@korea.kr)  
[minyoo83@korea.kr](mailto:minyoo83@korea.kr)