



**PROGRAMA CONJUNTO FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS  
COMITÉ DEL CODEX SOBRE CONTAMINANTES DE LOS ALIMENTOS**

**Sexta reunión  
Maastricht (Países Bajos), 26 – 30 de marzo de 2012**

**DOCUMENTO DE DEBATE SOBRE LA OCRATOXINA A EN EL CACAO**

**INFORMACIÓN GENERAL**

1. En su 38ª reunión en La Haya (2006), el Comité del Codex sobre Aditivos Alimentarios y Contaminantes de los Alimentos (CCFAC) decidió elaborar un documento de debate sobre la ocratoxina A (OTA) en el cacao<sup>1</sup>. Un Grupo de trabajo por medios electrónicos (GTe), presidido por Ghana, presentó un documento de debate (CX/CF/07/1/18) sobre la OTA en el cacao en Beijing, en la 1ª reunión del Comité del Codex sobre Contaminantes de los Alimentos (CCCF)<sup>2</sup>. Ese documento de debate fue actualizado y presentado en la 2ª reunión del CCCF en La Haya como CX/CF/08/2/15, pero tras mantener algunas deliberaciones el Comité suspendió la consideración de la OTA en el cacao debido a la necesidad de generar nuevos datos<sup>3</sup>.
2. En la 4ª reunión del CCCF, la delegación de Brasil informó al Comité de un nuevo estudio realizado en Brasil que podría formar la base de un código de prácticas para reducir o prevenir la OTA en el cacao. El Comité decidió que un GTe dirigido por Ghana y copresidido por Brasil, prepararía un documento de debate sobre la OTA en el cacao para examinar si debía elaborarse un código de prácticas.<sup>4</sup>
3. En la 5ª reunión del CCCF, el GTe presentó un documento de debate actualizado (CX/CF 11/43/12) destacando las recomendaciones del GTe con respecto a la posible elaboración futura de un código de prácticas para prevenir/reducir la contaminación de OTA en el cacao, teniendo en cuenta los conocimientos disponibles actualmente.
4. La 5ª reunión del CCCF restableció al Grupo de trabajo por medios electrónicos bajo la dirección de Ghana para actualizar el documento de debate teniendo en cuenta nuevos datos a disposición.<sup>5</sup> Tal como convino el CCCF, el GTe ha preparado el documento de debate revisado incorporando nuevos datos, con vistas a elaborar un código de prácticas para examinarlo en la 6ª reunión del CCCF. Este documento de debate está acompañado de un proyecto de documento en que se propone nuevo trabajo (presentado en el Anexo I de este documento) y un posible esbozo del anteproyecto de Código de Prácticas (Anexo II). En el Anexo III de este documento se presenta una lista de los participantes en el GTe.

**INTRODUCCIÓN**

5. La ocratoxina A es una micotoxina que está presente en forma natural en los productos alimentarios en todo el mundo, como los cereales y los productos de cereales, las legumbres, el café, la cerveza, el jugo de uva, la fruta de la vid y el vino, así como en los productos de cacao, las nueces y las especias (EFSA, 2006). En el cacao la OTA se asocia principalmente a las cáscaras de las semillas y a los sólidos sin grasa del cacao (cacao en polvo) (Amezqueta *et al.*, 2004; Bastide *et al.*, 2006). En todas las fases de la cadena de producción puede haber presentes hongos y OTA: en la cosecha (manual y apertura de las vainas), la fermentación (en cajas o en la finca sobre hojas de banano), el secado (solar o mecánico), el almacenamiento (en costales de yute), en la elaboración de alimentos y el transporte (COCOQUAL, 2007; FAO/OMS/UNEP, 1999).
6. La palabra "cacao" procede del nombre de la planta *Theobroma cacao* L., que pertenece a la familia de las *Malvaceae*. Este árbol tiene sus orígenes en la región del Amazonas y en otras zonas tropicales de América del Sur y América Central, y se produce en una franja 20° al norte y al sur del ecuador. Las temperaturas medias mínimas y máximas en la mayor parte de las regiones productoras de cacao son 18°C y 32°C. Se requiere lluvia abundante de 1000 a 4000 mm/año.
7. El término "cacao" se utiliza para las semillas que son objeto de comercio y sus productos derivados, mientras que "cacaotero" se refiere al árbol y a sus partes, si bien en algunos lugares se utilizan indistintamente ambos términos.

<sup>1</sup> ALINORM 05/28/12, párrs. 229-230 y ALINORM 06/29/12 párr. 145.

<sup>2</sup> ALINORM 07/30/41, párr. 113.

<sup>3</sup> ALINORM 08/31/41, párrs. 169-170.

<sup>4</sup> ALINORM 10/33/41, párr. 115.

<sup>5</sup> REP11/CF párr. 75.

8. El cacao es un producto de la fermentación del fruto seco. Las semillas del cacao no se consumen tal como son, sino que se someten a una transformación industrial antes del consumo. El cacao es un ingrediente muy importante en productos farmacéuticos y en diversos tipos de alimentos, como pasteles, galletas, dulces de chocolate, pastas de chocolate para untar, bebidas de cacao, alimentos para niños, helados y dulces (Tafari *et al.*, 2004).
9. En la elaboración industrial del cacao, lo primero es la limpieza, el tostado y la eliminación mecánica de la cáscara de las semillas. El proceso de eliminación de la cáscara no es 100% eficiente; alrededor del 2% del total del peso de la semilla puede deberse a la presencia de cáscara y germen que no se han podido eliminar durante el proceso de elaboración (CODEX STAN 141-1983, Rev. 1, 2001). La semilla se muele para obtener pasta o licor de cacao para elaboración ulterior.
10. Un 68% del suministro mundial de semillas de cacao procede de África Occidental, especialmente de Côte d'Ivoire, Ghana y Nigeria. También se produce cacao en Asia y en América Latina (Cuadro 1). El cacao es un cultivo producido principalmente por pequeños agricultores, no perecedero que tiene gran valor comercial para cientos de miles de agricultores de los países productores de cacao y también gran importancia para las economías de esos países. La mayor parte del cacao en grano se exporta a Europa y América del Norte para transformarlo en licor de cacao, manteca de cacao y torta de cacao, que posteriormente servirán para elaborar cacao en polvo y chocolate (Cuadro 2)(ICCO, 2007).

**Cuadro 1.** Producción mundial de semillas de cacao (2008 – 2010) (en miles de toneladas)

País	2008/09		2009/2010 Estimaciones		2010/2011 Previsiones	
<b>África</b>	<b>2519,4</b>	<b>69,9%</b>	<b>2482,5</b>	<b>68,4%</b>	<b>3100,2</b>	<b>73,9%</b>
Camerún	226,6		205,0		215,0	
Cote d'Ivoire	1223,2		1242,3		1470,0	
Ghana	662,4		632,0		1010,0	
Nigeria	250,0		235,0		240,0	
Otros	157,2		168,2		165,2	
<b>América</b>	<b>485,4</b>	<b>13,5%</b>	<b>516,7</b>	<b>14,2%</b>	<b>536,1</b>	<b>12,8%</b>
Brasil	157,0		161,2		195,0	
Ecuador	135,0		149,8		140,0	
Otros	193,4		205,7		200,1	
<b>Asia y Oceanía</b>	<b>597,7</b>	<b>16,6%</b>	<b>632,8</b>	<b>17,4%</b>	<b>559,0</b>	<b>13,3%</b>
Indonesia	490,0		550,0		470,0	
Papúa Nueva Guinea	59,4		38,7		45,0	
Otros	48,3		44,1		44,0	
<b>Total mundial</b>	<b>3602,5</b>		<b>3632,0</b>		<b>4195,3</b>	

(Referencia: ICCO Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics. Vol. XXXVII No. 3, Cocoa Year 2010/2011)

*Nota: Los totales pueden diferir de la suma de las partes debido a redondeos.*

**Cuadro 2.** Consumo/elaboración mundial de semillas de cacao (en miles de toneladas)

(Referencia: ICCO Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics. Vol. XXXVII No. 3, Cocoa Year 2010/2011)

	2008/2009		2009/2010		2010/2011	
			Estimaciones		Previsiones	
<b>Europa</b>	<b>1445,8</b>	<b>41,3%</b>	<b>1494,0</b>	<b>40,4%</b>	<b>1561,4</b>	<b>40,8%</b>
Alemania	341,7		361,1		410,0	
Francia	154,4		145,0		155,0	
Italia	58,3		63,2		65,0	
Países Bajos	460,0		500,0		530,0	
España	90,9		87,0		90,0	
Reino Unido	110,0		110,0		70,0	
Otros	104,2		105,0		110,0	
<b>África</b>	<b>621,7</b>	<b>17,8%</b>	<b>684,5</b>	<b>18,5%</b>	<b>650,9</b>	<b>17,0%</b>
Camerún	24,0		26,9		27,5	
Cote d'Ivoire	418,6		411,4		340,0	
Ghana	133,1		212,2		250,0	
Nigeria	34,0		25,0		25,0	
Otros	12,0		9,0		8,4	
<b>América</b>	<b>780,4</b>	<b>22,3%</b>	<b>815,3</b>	<b>22,1%</b>	<b>846,5</b>	<b>22,1%</b>
Brasil	216,1		226,1		235,0	
Canadá	55,4		59,2		62,0	
Estados Unidos	360,7		381,9		395,0	
Otros	148,2		148,1		154,5	
<b>Asia y Oceanía</b>	<b>649,3</b>	<b>18,56%</b>	<b>704,2</b>	<b>19,0%</b>	<b>769,1</b>	<b>20,1%</b>
Indonesia	120,0		130,0		180,0	
Malasia	278,2		298,1		300,0	
Singapur	79,5		83,0		85,0	
Turquía	51,8		65,0		65,0	
Otros	119,0		128,1		139,1	
<b>Total mundial</b>	<b>3497,3</b>		<b>3698,0</b>		<b>3827,9</b>	

## ESTRUCTURA QUÍMICA

11. La OTA (7-(L-β-fenilalanil-carbonil)-carboxil-5-cloro-8-hidroxi-3,4-dihidro-3R-metil isocumarina) (Figura 1) es un metabolito secundario producido por ciertas especies de *Aspergillus* y *Penicillium* (Pittet y Royer, 2002), que pueden estar presentes en los alimentos incluso cuando los mohos no son visibles. La OTA es un compuesto cristalino e incoloro, soluble en disolventes orgánicos polares y en solución de bicarbonato de sodio diluido, y ligeramente soluble en agua (Scott, 1996).

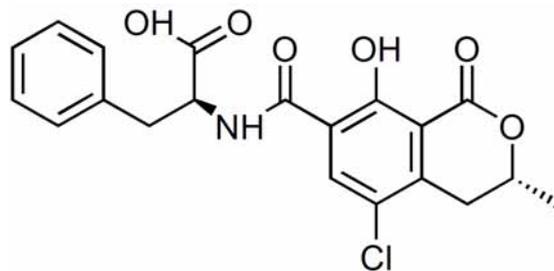


Figura 1. Estructura química de la OTA

12. La enzima carboxipeptidasa A de los mamíferos puede introducir la OTA en productos no tóxicos (ocratoxina alfa y fenilalanina) (Stander *et al.* 2001).
13. La OTA se mantiene estable durante casi todas las fases de la producción de alimentos, como la cocción, el lavado y la fermentación, y se puede detectar en los productos alimentarios manufacturados (Bakker y Pieters, 2002). Boudra *et al.* (1995) demostraron que un máximo del 20% de la OTA presente en el trigo se descompone aplicando calor seco a 100°C durante 160 minutos ó 150°C durante 32 minutos. Durante el tostado del cacao, la temperatura final de la semilla alcanza 100° ó 120°C con una duración de 15 a 70 minutos (Minifie, 1982), por lo cual no se espera que éste reduzca significativamente los niveles de OTA.

## EVALUACIÓN TOXICOLÓGICA

14. La OTA está clasificada como posible cancerígeno humano (grupo 2B) (CAC, 1998; IARC, 1993) y en estudios realizados con animales se ha documentado que es nefrotóxica, inmunosupresora, cancerígena y teratogénica (JECFA, 1995; JECFA, 2001; O'Brien y Dietrich, 2005; Tsubouchi *et al.* 1995). Se cree que la OTA se asocia a la nefropatía endémica de los Balcanes, la nefropatía intersticial crónica (en el norte de África), así como a tumores uroteliales en seres humanos (O'Brien y Dietrich, 2005). En base a asociaciones epidemiológicas se ha planteado la hipótesis de que existe una relación entre la exposición a la OTA en los primeros años de vida y el cáncer testicular (Schwartz, 2002). En estudios anteriores del Programa Nacional de Toxicología (NTP) en los Estados Unidos se demostró que a altas dosis la OTA puede favorecer la formación de tumores renales en los roedores (Boorman, 1989).
15. En Côte d'Ivoire se hicieron análisis de la presencia de OTA en muestras de sangre humana entre 1998 y 2004 (Sangare-Tigore *et al.*, 2006), que revelaron que 22 de 63 participantes sanos presentaban niveles de OTA en la sangre de 0,01 a 5,81 µg/L, con una media de 0,83 µg/L. Los niveles descubiertos en 8 de 39 pacientes nefropáticos sometidos a diálisis fueron de 0,167 a 2,42 µg/L, con una media de 1,05 µg/L.
16. Según el dictamen del Panel Científico sobre Contaminantes en la Cadena Alimentaria de la EFSA (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria) (EFSA, 2006), la toxicidad renal en un punto específico, así como el daño al ADN y los efectos genotóxicos de la OTA medidos en varios estudios *in vivo* e *in vitro*, se pueden atribuir con toda probabilidad a un daño celular oxidativo, sin que se haya demostrado la existencia de aductos de OTA-ADN. En base al nivel más bajo con efecto adverso observado (LOAEL) de 8 µg/kg pc/día, de los marcadores iniciales de toxicidad renal en el porcino y aplicando un factor de incertidumbre de 450 para la extrapolación de datos experimentales derivados de animales a humanos, así como para la variabilidad entre especies, se obtuvo una ingesta semanal tolerable (IST) de 120 ng/kg pc de OTA. En 2010, la EFSA estudió la posible exposición conjunta a la ocratoxina A y la aristoloquina en la población humana en zonas en las que se había observado una mayor frecuencia de nefropatía endémica de los Balcanes, pero no encontró ninguna razón para modificar las conclusiones de su dictamen anterior (EFSA, 2010).
17. En su 68ª reunión, el JECFA revisó la ingesta semanal tolerable provisional (ISTP) de 100 ng/kg pc a la luz de nueva información y no encontró razón para modificar el resultado anterior (JECFA, 2007).

## TOMA DE MUESTRAS

18. Spanjer *et al.* (2006) indicaron que el procedimiento de homogeneización de la muestra es un factor importante en la determinación de la presencia de OTA en diversas matrices de alimentos. La cantidad de OTA que se mide puede variar según el tipo de procedimiento de molturación que se utilice, el cual determina a fin de cuentas la distribución de las partículas por tamaños. La importancia de este descubrimiento es que los planes de muestreo que no están concebidos correctamente pueden dar lugar a que se rechacen o se acepten lotes erróneamente.
19. El Reglamento 401/2006 de la Comisión Europea (CE 401/2006, 2006) indica los procedimientos de muestreo y los criterios de funcionamiento para los métodos de análisis de la presencia de micotoxinas en los alimentos. No hay procedimientos de muestreo específicos para el análisis de la OTA en el cacao ni en los productos de cacao.

## MÉTODOS ANALÍTICOS

20. En Lobeau *et al.*, 2007 se presenta un análisis rápido basado en anticuerpos que consiste en la limpieza secuencial y la detección visual de la OTA en el cacao en polvo. El análisis de detección tiene un nivel mínimo de 2 µg/kg y es adecuado para aplicarse en el campo.
21. El método validado para la cuantificación de la OTA utiliza un protocolo de cromatografía líquida de alta resolución en fase invertida con detector de fluorescencia (HPLC/FLD), después de la limpieza con una columna de inmunoafinidad (Brera *et al.*, 2003). Se hizo un estudio entre laboratorios con este método para evaluar el funcionamiento de 18 laboratorios en la determinación de la presencia de OTA en el cacao en polvo (Brera *et al.*, 2005). Se obtuvieron resultados satisfactorios de los 10/18, 11/18 y 12/18 participantes, con concentración baja (0,19 µg/kg), concentración media (0,45 µg/kg) y concentración alta (1,45 µg/kg), respectivamente.
22. Copetti (2009) validó un método analítico para semillas de cacao con una columna de inmunoafinidad para la limpieza y HPLC/FLD, con concentraciones de 0,49, 1,96 y 9,80 µg/kg. Los porcentajes de recuperación fueron del 97,5% al 80% y el límite de detección 0,01 µg/kg. Turcotte y Scott (2010) también validaron un método similar para el cacao en polvo y el chocolate, con un límite de cuantificación de 0,08 ng/g, recuperación del 94% al 79% y un coeficiente de variación <5%.
23. Cuando es necesario analizar un elevado número de muestras para detectar la producción de OTA, es conveniente contar con métodos rápidos, económicos y fáciles de utilizar, especialmente en los países de bajos ingresos donde hay menos supervisión debido a limitaciones económicas y tecnológicas (Murphy *et al.*, 2006). Sin embargo, la interpretación de los datos se debe hacer con cuidado y en algunos casos es necesario hacer análisis complementarios.

## ELABORACIÓN BÁSICA DEL CACAO

24. La elaboración básica del cacao en grano consta de dos fases principales, la fermentación y el secado. En los países productores de cacao se utilizan métodos distintos de fermentación y secado. La fermentación del cacao comienza inmediatamente después de eliminar las vainas de las semillas incrustadas en la pulpa mucilaginoso. Las semillas y la pulpa se someten a fermentación microbiana. La fermentación del cacao en grano depende de los métodos de producción, los tamaños de los lotes, la madurez y el almacenamiento de la vaina, y las condiciones medioambientales.
25. Tras eliminar las vainas de las semillas, el primer paso en la elaboración del cacao es una fermentación espontánea de las semillas con la pulpa de 4 a 7 días de duración en cúmulos, cajas, cestas o bandejas y por último en costales de propileno y láminas de plástico negras.
26. El contenido en humedad de las semillas de cacao fermentadas varía entre 55% y 60% (Zahouli *et al.*, 2010). Durante la fermentación la temperatura de las semillas aumenta desde temperatura ambiente a unos 50°-55°C debido a reacciones oxidativas exotérmicas. Guehi *et al.* 2010 estudiaron el efecto de girar las semillas y el método de fermentación sobre la acidez y calidad física del cacao en grano sin elaborar. En ese estudio se llevaron a cabo ensayos de fermentación en cajas de madera, de plástico y en cúmulos, girando las semillas y sin girarlas. El cacao fermentado durante 4 días en cajas sin mezclarlo tenía valores de pH superiores a 5,0 mientras que el cacao fermentado en cúmulos tenía un pH de 4,92. Para la fermentación girando las semillas, las semillas tratadas en cajas de madera se volvieron menos ácidas que las semillas fermentadas en cajas de plástico, en que se registró un pH de 4,75. El cacao obtenido mediante todos los métodos de fermentación y fermentado durante 5 días sin mezclarlo tenía un pH superior a 5. El cacao fermentado en cajas de plástico girando las semillas se volvió ácido, con un pH de 4,73, mientras que las semillas fermentadas en cúmulos no se volvieron ácidas. Ninguna de las semillas mostraba daños de insectos y los niveles de mohos internos eran insignificantes, independientemente del girado y los métodos de fermentación.
27. La fermentación del cacao se produce mayoritariamente en la pulpa mucilaginoso en la superficie externa del grano de cacao. Durante la fermentación de la masa del grano de cacao se forma una sucesión de levaduras microbianas, bacterias de ácido láctico (LAB) y bacterias de ácido acético (AAB). El bajo pH inicial, junto con los bajos niveles de oxígeno, favorecen la colonización por levaduras que asimilan el ácido cítrico, despectinizan y licúan la pulpa, y convierten en etanol la sucrosa, la glucosa y la fructosa presentes en la pulpa. Las LAB fermentan los azúcares y el ácido cítrico en ácido láctico, ácido acético y manitol haciendo que el pH aumente más y favoreciendo la proliferación de AAB; las AAB, que ahora están en un entorno aeróbico, proliferan y convierten el etanol en ácido acético. El ácido acético penetra en la membranas internas de las semillas de cacao y las disuelve dando lugar a la mezcla de componentes celulares y provocando más reacciones en la semilla que dan lugar a la degradación de los polifenoles y la producción de metabolitos que actúan como precursores del aroma en la producción del chocolate (Camu *et al.* 2007).
28. Tras la fermentación, las semillas se secan inmediatamente para evitar un exceso de fermentación, que podría deteriorar el producto. El secado se realiza normalmente al sol y mediante técnicas de secado artificial con aire caliente. Los pequeños campesinos prefieren el secado al sol mientras que en las grandes plantaciones se prefiere el método de secado (artificial) con aire caliente (Hii *et al.*, 2009). Normalmente el secado finaliza cuando el contenido en humedad de las semillas llega al 7,5% (base húmeda).

29. Generalmente las condiciones de almacenamiento del cacao en grano en el trópico no son óptimas, debido sobre todo a la elevada humedad, por lo que los períodos de almacenamiento se restringen a lo sumo a tres meses salvo que se tomen precauciones especiales. El cacao en grano seco puede absorber humedad si ésta es elevada. Si el contenido en humedad es superior al 8% pueden aparecer mohos en el interior de la semilla. Si el contenido en humedad es del 8%, el cacao en grano está en equilibrio con la humedad ambiental relativa (un 70% y temperaturas normales en los trópicos). Si la humedad relativa supera este nivel durante períodos prolongados existe peligro de que aparezcan mohos internos. Normalmente el cacao en grano seco se coloca en costales de yute limpios de tramado abierto o en costales apropiados, y se almacena en edificios construidos especialmente para mantener suficientemente bajo el contenido en humedad de las semillas y dentro del límite aceptable. Después del secado, el cacao en grano se clasifica, se envasa en costales apropiados y se almacena. Normalmente los costales de cacao están hechos de materiales no tóxicos, preferiblemente libres de hidrocarburos de calidad alimentaria, que no atraen insectos ni roedores y son suficientemente fuertes para resistir períodos prolongados de almacenamiento. El cacao en grano en costales se coloca en cobertizos de almacenamiento, resistentes al mal tiempo, bien aireados y libres de humedad y plagas de insectos, y lejos del humo y otros olores que puedan contaminarlo. Si el cacao en costales está bien almacenado se puede conservar durante períodos de 9 a 12 meses.
30. Antes del transporte, todo envío de cacao se fumiga; y el contenedor vacío o la bodega del barco se desinfectan antes de llenarlos o cargarlos. Los envíos van normalmente acompañados de la documentación adecuada.

### PRESENCIA DE OTA Y MOHOS QUE PRODUCEN OTA EN LOS GRANOS DE CACAO

31. Se ha intentado varias veces aislar e identificar los mohos que producen OTA en las semillas de cacao. En un estudio realizado en Ghana para evaluar el moho presente en el cacao en un período de un año, se aislaron e identificaron 58 especies de hongos, que incluían 26 especies de *Aspergillus*, algunos potencialmente toxígenos (*A. niger*, *A. ochraceus* y *A. flavus*), 5 especies de *Penicillium* y 8 especies de *Fusarium* (Appiah, 2001). No se indicó el porcentaje de hongos ocratoxigénicos.
32. En otro estudio, ninguna de las 66 cepas de *Aspergillus* aisladas durante la fermentación y el secado de semillas de cacao de Ghana pudieron producir OTA. Se analizó un total de 13 cepas de *Aspergillus* de Côte d'Ivoire, 16 de Nigeria y 86 de Ghana para observar la producción de OTA y sólo se encontraron dos *Aspergilli* ocratoxigénicos (COCOQUAL, 2007).
33. En un estudio realizado en Ghana (Abrokwa y Sackey, 2010), se hicieron tres tipos de fermentaciones del cacao en tres localidades ecológicas, con vainas clasificadas como sanas, enfermas, enfermas y dañadas, y dañadas/rotas. El secado de las semillas fermentadas se llevó a cabo bajo regímenes distintos, como a la intemperie, y secado extendido breve durante el día para simular un secado inadecuado o afectado por la lluvia. Durante las fases de fermentación y secado se aislaron varias especies de hongos, y algunas de las especies sólo se observaron durante la fase de secado. Los resultados mostraron que todas las muestras dieron positivo a la presencia de hongos ocratoxigénicos y nocivos. Los hongos aislados fueron los siguientes: *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *A. sulphureus*, *A. ochraceus*, *Trichoderma viride*, *Fusarium solani*, *Rhizopus stolonifer* y *Candida albicans*. Solamente *A. niger* y *A. ochraceus* pueden formar OTA. Varias de las muestras dieron positivo a OTA en las tres estaciones ecológicas pero los niveles eran muy bajos, desde 0,00 a 0,57 ppb ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ).
34. En Brasil se hizo un estudio de la presencia de hongos ocratoxigénicos y OTA en el cacao, en el período de 2006 a 2008 (Copetti *et al.*, 2010). Un total de 222 muestras de cacao tomadas en distintas fases de la elaboración comprendió: antes de la fermentación (25), fermentación (51), secado (81) y almacenamiento (65). En ese estudio se aislaron 271 hongos pertenecientes a especies potencialmente ocratoxigénicas de *Aspergillus*, y se identificaron como: *A. carbonarius*, el agregado *A. niger*, *A. ochraceus*, *A. melleus* y *A. westerdijkiae*. Antes de la fermentación no se encontraron especies capaces de producir OTA en las vainas de cacao sanas ni dañadas. Durante la fermentación sólo se encontraron algunos aislados del agregado *Aspergillus niger* y la mayor diversidad y el número mayor de especies capaces de producir OTA se encontraron durante el secado al sol. En el almacenamiento se observó un aumento de la presencia del agregado *Aspergillus niger* y *A. carbonarius*. La especie más frecuente que se aisló con potencial para producir OTA fue el agregado *Aspergillus niger*. Con todo, sólo 10 (5,2%) de los 191 aislados pudieron producir OTA en agar de extracto de levadura. Por otra parte, los 92 aislados de *A. carbonarius* y 10 aislados de *Aspergillus* sección *Circumdati* (6 *A. melleus*, 2 *A. ochraceus* y 2 *A. westerdijkiae*) pudieron producir OTA (Cuadro 3). Este estudio concluyó que la principal fuente de OTA en el cacao es el *A. carbonarius*, si bien otras especies ocratoxigénicas aisladas también pueden contribuir a su formación.

**Cuadro 3.** Frecuencia de aislamiento de especies ocratoxigénicas y frecuencia de semillas de cacao infectadas en distintas fases de la elaboración (Copetti *et al.*, 2010).

	Fermentación (51 muestras)		Secado (81 muestras)		Almacenamiento (65 muestras)	
	IF (%)	RI (%)	IF (%)	RI (%)	IF (%)	RI (%)
<i>Aspergillus carbonarius</i>	1,96	0-3	3,70	0-24	7,81	0-66

	Fermentación (51 muestras)		Secado (81 muestras)		Almacenamiento (65 muestras)	
	IF (%)	RI (%)	IF (%)	RI (%)	IF (%)	RI (%)
A. <i>Agregado A. niger</i>	3,92	0-9	14,8	0-48	26,15	0-51
A. <i>A. ochraceus</i>	0	0	2,47	0-3	0	0
A. <i>A. melleus</i>	0	0	2,47	0-6	3,13	0-3
A. <i>A. westerdijkiae</i>	0	0	2,47	0-6	0	0

<sup>a</sup> IF = frecuencia de aislamiento en % (número de muestras que tenían una especie fúngica/total de muestras evaluadas, en %); RI = margen de infección en % (margen de semillas infectadas en una muestra en %).

35. Ninguna de las 25 muestras tomadas antes de iniciar la fermentación contenía OTA. Catorce muestras (27%) de fermentación contenían OTA, aunque casi todas las muestras estaban próximas al límite de detección del método (0,01 µg/kg). Sólo tres de las muestras tenían niveles superiores a 0,10 µg/kg, con un máximo de 1,70 µg/kg. Después de la fermentación, en la fase de secado al sol, se detectó OTA en el 51% de las muestras, y casi todas las muestras (73%) presentaron niveles inferiores a 0,10 µg/kg. Sólo una muestra contenía 5,54 µg/kg. En almacenamiento, tanto el número de muestras positivas de OTA como el nivel de contaminación fueron parecidos a los resultados obtenidos durante el secado (Cuadro 4). De las 221 muestras analizadas, sólo dos tenían valores de OTA superiores a 2 µg/kg (Copetti et al., 2010).

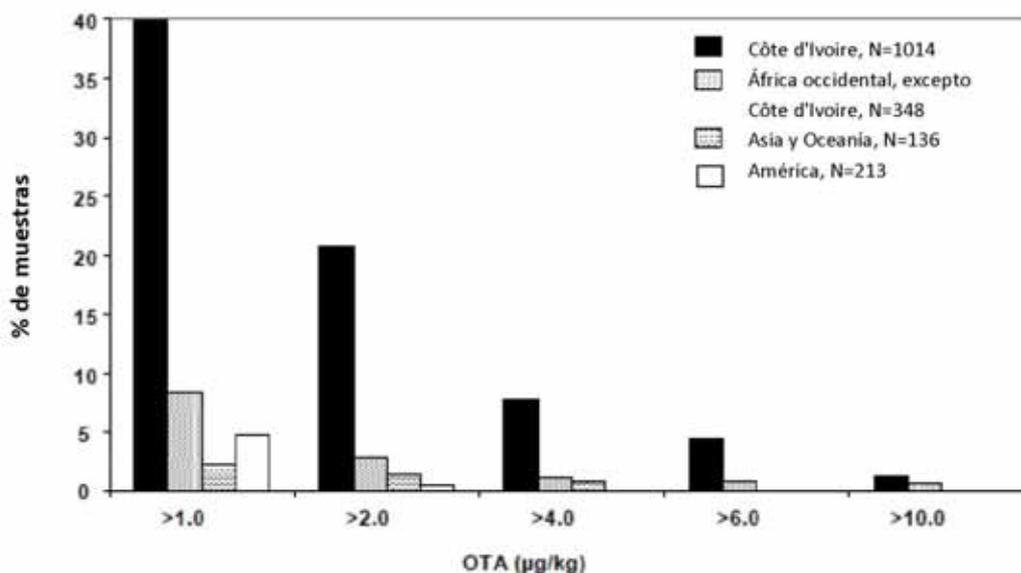
**Cuadro 4.** Contaminación por OTA de semillas de cacao en distintas fases de la elaboración (Copetti et al., 2010).

Fase/número de muestras evaluadas	OTA>LOD n(%)	OTA>2 µg/kg n(%)	OTA (µg/kg)			
			Máxima	Mediana	Media	
Antes de la fermentación	25	0 (0%)	0 (0%)	<0,01	<0,01	<0,01
Fermentación	51	14 (27%)	0 (0%)	1,70	<0,01	0,05
Secado al sol	81	41 (51%)	1 (1%)	5,54	0,01	0,13
Almacenamiento	65	33 (52)	1 (2%)	4,64	0,02	0,10

<sup>a</sup> Límite de detección (LOD): 0,01 µg/kg; recuperación media del método: 90,8%.

36. Mounjouenpou *et al.* (2008) evaluaron la forma en que los tipos de tratamiento postcosecha (en cajas o en cúmulos) del cacao repercutían en los hongos filamentosos y la toxigenesis. La principal cepa productora de OTA que se aisló fue el *Aspergillus carbonarius*, con niveles muy bajos de OTA en semillas sin fermentar y fermentadas de vainas sanas. Los hongos filamentosos eran más abundantes al final de la temporada de la cosecha. Los factores que repercuten en la integridad de la semilla (mala manipulación, retraso en la elaboración) se tradujeron en un aumento cualitativo y cuantitativo de la contaminación, cuando el número total de hongos filamentosos podía llegar a un valor máximo de  $5,5 \pm 1,4 \times 10^7$  CFU/g y los *Aspergilli* negros a un valor máximo de  $1,42 \pm 2,2 \times 10^7$  CFU/g. El cacao seco fermentado de vainas de mala calidad era el más contaminado por OTA, llegando hasta 48 ng/g.
37. Gilmour y Lindblom (2008) también encontraron niveles más altos de OTA en semillas de vainas dañadas después de cinco días de almacenamiento, contaminación que se había iniciado el primer día de la fermentación, con niveles más altos de contaminación en el centro del cúmulo. A los tres días de iniciada la fermentación, la tendencia se invirtió y la contaminación era claramente mayor en los bordes. Esta inversión estaba acompañada de una gran formación de moho en la superficie del cúmulo. A los cinco días de iniciada la fermentación, el contenido de OTA aumentó todavía más. Sólo se encontraron indicios de OTA después de la fermentación y secado de las semillas de vainas sanas almacenadas durante cinco días. Después de cuatro semanas de almacenamiento de las vainas, los niveles de OTA resultaron bajos y sólo había una pequeña diferencia entre los niveles de las semillas de vainas sanas y los de vainas dañadas. Los niveles de OTA en las vainas con moho (~7 ng/g), dañadas por insectos (~4 ng/g) y reseca (~3 ng/g) eran sustancialmente inferiores a los observados en las vainas dañadas (~20 ng/g), pero en general eran más altos que los encontrados en las vainas de control sin daños (~2 ng/g).

38. En un estudio realizado por Ratters y Matissek (2006) se separó en pulpa y semillas un total de ocho vainas de cacao visiblemente sanas de las regiones productoras de la República Dominicana (año de cultivo 1999) y Ghana (año de cultivo 2000), y siete vainas de cacao dañado o con moho de Ghana, cultivadas en 2001. No se detectó la presencia de OTA en ninguna de las muestras de vainas de cacao, semillas ni pulpa analizadas (LOD de 0,02 µg/kg). Los autores también mostraron que la fase de maduración de las vainas de cacao, desde el árbol hasta la cosecha, no es un paso crítico para la producción de OTA.
39. Amezqueta *et al.* (2004) analizaron la presencia de OTA en 46 muestras de semillas de cacao de diversos orígenes y lotes. Un total de 63% de las muestras estaban contaminadas (LOD de 0,04 µg/kg), con niveles desde 0,04 hasta 14,8 µg/kg, media y mediana de 1,71 y 1,12 µg/kg, respectivamente.
40. En un estudio realizado en Côte d'Ivoire se analizó la contaminación de OTA del cacao llegado a los puertos de Abidjan y San Pedro. Se tomaron muestras de semillas secas de cacao para analizarlas de acuerdo con el Reglamento 401/2006 de la CE. De 150 muestras analizadas en Abidjan, 23 presentaron niveles de OTA >2,0 µg/kg, y 10 de 150 muestras tomadas en San Pedro presentaron niveles >2,0 µg/kg (Dembele, 2009).
41. En un análisis de semillas de cacao de Nigeria listas para la venta se señaló que menos del 90% de las 59 muestras evaluadas dieron positivo en cuanto a OTA, con concentraciones de 1,0 a 277,5 µg/kg (Dongo *et al.*, 2008). Para la determinación se utilizó un análisis ELISA indirecto y competitivo, mucho menos sensible que el método HPLC.
42. La industria europea ha analizado muestras de semillas de cacao importadas de diversos orígenes desde 1999 (Gráfico 2). Los resultados indican que en todas las regiones productoras de cacao se encuentran semillas de cacao contaminadas de OTA (Gilmour y Lindblom, 2008). El Cuadro 5 presenta datos adicionales sobre la frecuencia de la presencia de OTA en semillas de diversos países productores.



**Figura 2** - Niveles de OTA en semillas de cacao importadas en Europa de distintas regiones del mundo, 1999-2005 (Gilmour y Lindblom, 2008).

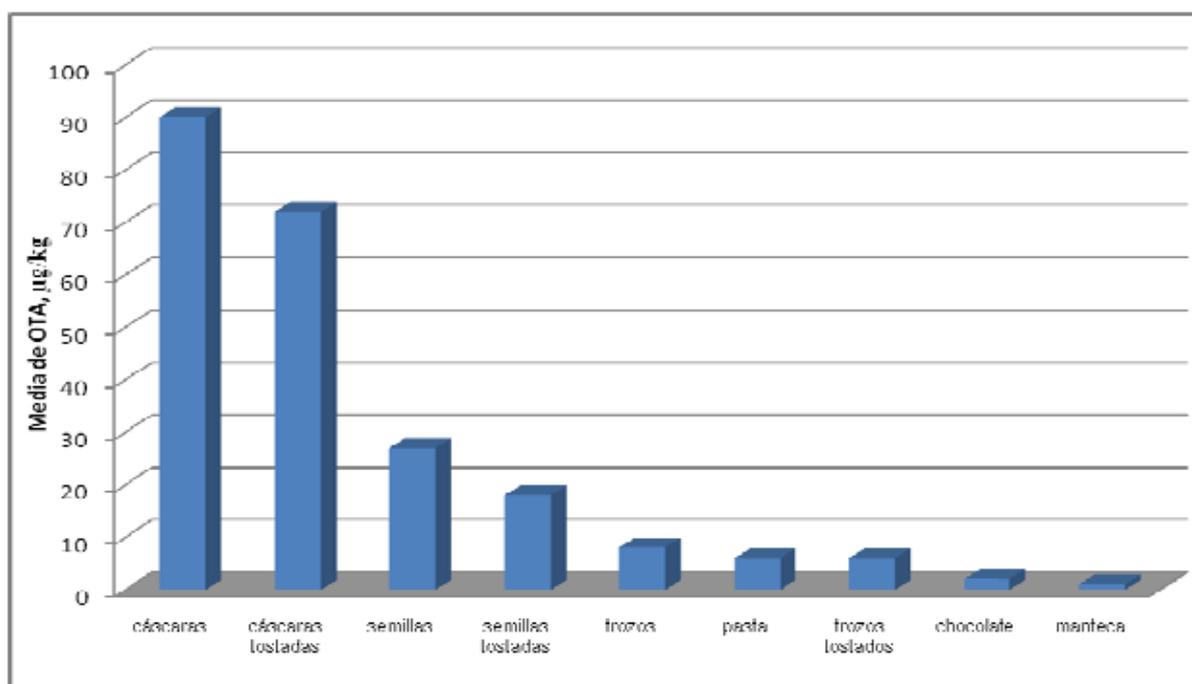
**Cuadro 5.** Datos adicionales sobre la presencia de OTA en semillas de cacao de diversos países productores

Origen	Año	Número de muestras			% >2 µg/kg	Referencias
		Total	>LOQ	>2 µg/kg		
Abidjan	2005	147		23	16	Dembele et al., 2009
San Pedro	2005	151		10	7	Dembele et al., 2009
Cote d'Ivoire		33	24	5	15	Amezqueta et al., 2004
Camerún		7	3	1	14	Amezqueta et al., 2004
Guinea Ecuatorial		6	2	0	0	Amezqueta et al., 2004

Origen	Año	Número de muestras			%	Referencias
		Total	>LOQ	>2 µg/kg		
África		21	16	1	5	Bonvehi, 2004
Brasil	2006-2008	222	88	2	1	Copetti et al., 2010

### EFFECTOS DE LA ELABORACIÓN EN EL CONTENIDO DE OTA EN LOS PRODUCTOS

43. El cacao en grano se debe someter a transformación industrial antes del consumo. Durante esta elaboración industrial, la actividad del agua ( $a_w$ ) es  $<0,8$ , demasiado baja para la formación de OTA. Los primeros pasos de la elaboración son el tostado y la eliminación de la cáscara (Gilmour y Lindblom, 2008).
44. Se hicieron análisis de OTA en 15 pares de muestras de cáscaras y semillas en trozos, tomadas al mismo tiempo de aventadoras industriales (Gilmour y Lindblom, 2008). El contenido de OTA de las semillas utilizadas para elaboración se calculó en base a los resultados de las fracciones de cáscaras y semillas en trozos. En las semillas enteras ese contenido estaba entre 0,3 y 3,0 ng/g. Un promedio del 48% (margen 25%-72%) de la OTA presente en las semillas se eliminó con la fracción de la cáscara.
45. En un estudio en el que las cáscaras del cacao se eliminaron manualmente, Amezqueta *et al.* (2005) observaron una reducción del contenido de OTA  $>95\%$  en 14/22 muestras, de 65% a 95% en 6/22 muestras y sólo se observó una reducción inferior al 50% en una muestra.
46. En un estudio llevado a cabo por Bonvehi (2004), los niveles más altos de OTA se detectaron en cáscaras de cacao tostado (valor medio 111 µg/kg) seguidos de pastel de cacao (valor medio 2,79 1 µg/kg). En los demás productos de cacao sólo se encontraron niveles más bajos.
47. Las semillas en trozos se muelen para formar la pasta o licor de cacao, un líquido viscoso que contiene ~50% de grasa. La pasta/licor de cacao se puede mezclar con otros ingredientes para elaborar chocolate o se puede "prensar" para obtener manteca de cacao y cacao en polvo. Después del prensado, toda la OTA que estaba presente en las semillas en trozos aparece en el cacao en polvo. Este resultado es previsible ya que el cacao en polvo es un concentrado de la fracción de sólidos del cacao. En la fracción de manteca de cacao no se encontró OTA (Gilmour y Lindblom, 2008).
48. Se elaboraron 16 muestras grandes de semillas secas de cacao, especialmente almacenadas durante cuatro meses en condiciones favorables a la formación de mohos, para obtener manteca de cacao y chocolate, a fin de determinar los efectos de la elaboración en el contenido de OTA de semillas contaminadas. Las cáscaras se eliminaron manualmente. En las 16 muestras elaboradas, los niveles de OTA variaban entre 3,37 y 46,15 µg/kg, con un promedio de 24,0 µg/kg. La mayor contaminación se observó en las cáscaras de las semillas sin tostar, con un valor medio de 91,0 µg/kg. Los chocolates contenían 1,86 µg/kg por término medio y la manteca no contenía OTA (véase el Gráfico 3). Por término medio, un 70% de la OTA se eliminó con la fracción de la cáscara (Dembele *et al.*, 2009).



**Gráfico 3.** Contenido medio de OTA en diversos productos elaborados con semillas de cacao contaminadas. Datos de Côte d'Ivoire (Dembele *et al.*, 2009)

**PRESENCIA DE OTA EN LOS PRODUCTOS DE CACAO**

49. En 2005 se analizaron 10 muestras de cacao en polvo y nueve de chocolate, del mercado abierto de Bélgica (Vinkx, 2007). Cinco muestras de cacao en polvo dieron resultados inferiores al límite de cuantificación (LOQ) (0,3 µg/kg) y las otras cinco presentaron niveles de OTA de 0,60 a 0,81 µg/kg. Las nueve muestras de chocolates presentaban niveles de OTA inferiores al LOQ.
50. En un estudio realizado en Japón en 2005, 14 de las 41 muestras analizadas de chocolates del comercio minorista presentaban contenidos de OTA entre <0,10 µg/kg (14 muestras) y 0,94 µg/kg (MHLW, 2006).
51. El informe de la Tarea de Cooperación Científica 3.2.7 reveló que el 81,3% de los productos de cacao analizados estaban contaminados con OTA. Esto significa que de las 547 muestras de productos de cacao analizadas, 445 dieron resultado positivo. El nivel de contaminación variaba de 0,01 a 3,8 µg/kg, con un promedio de 0,23 µg/kg (Cuadro 6) (Miraglia y Brera, 2002).
52. Vecchio y Finoli (2007) detectaron niveles de OTA de 0,1 a 3 µg/kg en el 82% del cacao en polvo que se comercializa en Italia; dos muestras mostraron un contenido >2 µg/kg.
53. Burdaspal y Legarda (2003) evaluaron la presencia de OTA en 296 muestras de distintos tipos de chocolate y cacao en polvo adquiridos en España y en otros 15 países. Se encontró OTA en todas, menos en una de las muestras (el 99,7% de las muestras dieron positivo). En el Cuadro 6 se exponen los detalles.
54. Turcotte y Scott (2011) detectaron la presencia de OTA en el cacao y en los productos del cacao en el mercado minorista de Canadá, con una frecuencia del 100%. Las concentraciones de OTA encontradas en el cacao alcalinado (n=16) estaban entre 0,57 y 7,8 µg/kg, y en el cacao natural (n=16) entre 0,25 y 2,6 µg/kg. Seis muestras de cacao (5 alcalinizadas y 1 natural) tenían un contenido de OTA >2 µg/kg. Las concentraciones encontradas en el chocolate para productos de horno (n=7), chocolate negro (n=14) y chocolate con leche (n=7) fueron desde 0,12 a 1,4, 0,17 a 0,88 y 0,05 a 0,19 µg/kg, respectivamente.
55. En Italia, el 60% de las 300 muestras de cacao en polvo y productos del chocolate del mercado tenían niveles de OTA superiores al LOQ (0,08 µg/kg). Todas las muestras de cacao en polvo estaban contaminadas y el nivel de OTA más elevado se observó en una muestra de una barra de chocolate negro (Cuadro 6). Las concentraciones medias eran inferiores al anterior límite autorizado en Italia (0,5 µg/kg para los productos de chocolate y 2,0 µg/kg para el cacao en polvo) (Brera *et al.*, 2011).
56. Al investigar la presencia simultánea de aflatoxinas y ocratoxina A en productos de chocolate, incluido el chocolate en polvo, amargo, negro, con leche y blanco en el mercado brasileño (125 muestras), Copetti (2011) encontró que la micotoxina más habitual en las muestras evaluadas era la ocratoxina A y el 98% del chocolate adquirido estaba contaminado. Los niveles más altos de ocratoxina A se encontraron en el cacao en polvo, el chocolate negro y amargo, respectivamente: 0,39; 0,34 y 0,31 µg/Kg. El promedio de aflatoxinas en chocolate amargo, en polvo y negro era 0,66, 0,53 y 0,43 µg/ Kg, respectivamente. En los productos analizados se observó una correlación entre la contaminación por aflatoxinas y ocratoxina A, y no fue posible llegar a ninguna conclusión sobre la presencia simultánea de estos contaminantes.

**Cuadro 6.** Contenido de Ocratoxina A en diversos productos de cacao

Producto	Origen	Total / muestras positivas*	LOQ o LOD, µg/kg	Máx, µg/kg	Mediana, µg/kg	Media, µg/kg	Referencias
Chocolate		41/27		0,94			MHLW, 2006
Chocolate		40 <sup>2</sup>					MAFF, 1999
Chocolate	Alemania	352/297	0,01	3,6	0,06	0,1	Miraglia y Brera, 2002
Chocolate	Reino Unido	40/18	0,1	0,6	0,1	0,38	Miraglia y Brera, 2002
Chocolate	España	35	0,01		0,12		Burdaspal&Legarda, 2003
Chocolate	no España	52	0,01		0,268		Burdaspal&Legarda, 2003
Dulces de chocolate	Italia	47/21		0,42		0,15	Brera, et al. 2011
Cáscara de cacao	Brasil	19/19	0,01	2,01		1,13	Copetti, 2009

Producto	Origen	Total / muestras positivas*	LOQ o LOD, µg/kg	Máx, µg/kg	Mediana, µg/kg	Media, µg/kg	Referencias
Manteca de cacao	Brasil	25/5	0,01	0,06		0,03	Copetti, 2009
Manteca de cacao	Varios	4/0	0,1				Bonvehi, 2004
Manteca de cacao	Países Bajos	6/0	0,25				Miraglia y Brera, 2002
Cacao para untar	Países Bajos	8/0	0,25				Miraglia y Brera, 2002
Torta de cacao	Brasil	26/19	0,01	3,18		0,97	Copetti, 2009
Torta de cacao	Varios	80/74	0,1	9		2,79	Bonvehi, 2004
Polvo para bebidas de cacao		247/101	0,1-0,5 <sup>3</sup>			0,2	Gilmour & Lindblom, 2008
Pasta de cacao	Varios	8/4	0,1	3,5		1,07	Bonvehi, 2004
Pasta de cacao	Países Bajos	1/0	0,25				Miraglia y Brera, 2002
Cacao en polvo	Brasil	44/44	0,01	5,13		1,09	Copetti, 2009
Cacao en polvo	Varios	31/29	0,1	4,4		2,41	Bonvehi, 2004
Cacao en polvo	España	21			0,24		Burdaspal & Legarda, 2003
Cacao en polvo	No España	5			0,17		Burdaspal & Legarda, 2003
Cacao en polvo		1189/1094	0,1-0,5 <sup>3</sup>			1	Gilmour & Lindblom, 2008
Cacao en polvo	Italia	18/9	9	0,77		0,43	Tafari et al., 2004 <sup>1</sup>
Cacao en polvo		20/19		2,4		0,68	MAFF, 1999
Cacao en polvo		20/20				1,67	MAFF, 1999
Cacao en polvo	Alemania	96/91	0,01	1,8	0,3	0,38	Miraglia y Brera, 2002
Cacao en polvo	Reino Unido	40/39	0,2	2,4		1,2	Miraglia y Brera, 2002
Cacao en polvo	Países Bajos	6/0	0,25				Miraglia y Brera, 2002
Cacao en polvo	Italia	40/40		1,82		0,55	Brera, et al. 2011
Chocolate negro	Italia	120/92		0,74		0,20	Brera et al. 2011
Chocolate negro	Brasil	25/25	0,01	0,87		0,34	Copetti, 2009, 2011
Chocolate negro	España	35			0,25		Burdaspal & Legarda, 2003
Chocolate negro	no España	52			0,27		Burdaspal y Legarda, 2003
Chocolate negro		536/300	0,1-0,5 <sup>3</sup>			0,26	Gilmour y Lindblom, 2008
Chocolate/ crema de chocolate	-	11/8	0,1	1,59		0,63	Bonvehi, 2004

Producto	Origen	Total / muestras positivas*	LOQ o LOD, µg/kg	Máx, µg/kg	Mediana, µg/kg	Media, µg/kg	Referencias
Huevos de Pascua	Italia	15/5		0,50		0,20	Brera, et al. 2011
Licor	Brasil	25/5	0,01	1,09		0,34	Copetti, 2009, 2011
Chocolate con leche	Brasil	25	25	0,45		0,15	Copetti, 2009, 2011
Chocolate con leche	España	47			0,12		Burdaspal & Legarda, 2003
Chocolate con leche	no España	122			0,1		Burdaspal & Legarda, 2003
Chocolate con leche	Italia	78/21		0,26		0,15	Brera et al. 2011
Chocolate con leche		228/52	0,1-0,5 <sup>3</sup>			0,16	Gilmour & Lindblom, 2008
Chocolate en polvo	Brasil	25/25	0,01	0,92		0,39	Copetti, 2009, 2011
Chocolate blanco	Brasil	25/23	0,01	0,05		0,03	Copetti, 2009, 2011
Chocolate blanco	España	5			0,03		Burdaspal & Legarda, 2003
Chocolate blanco	no España	9			0,03		Burdaspal & Legarda, 2003

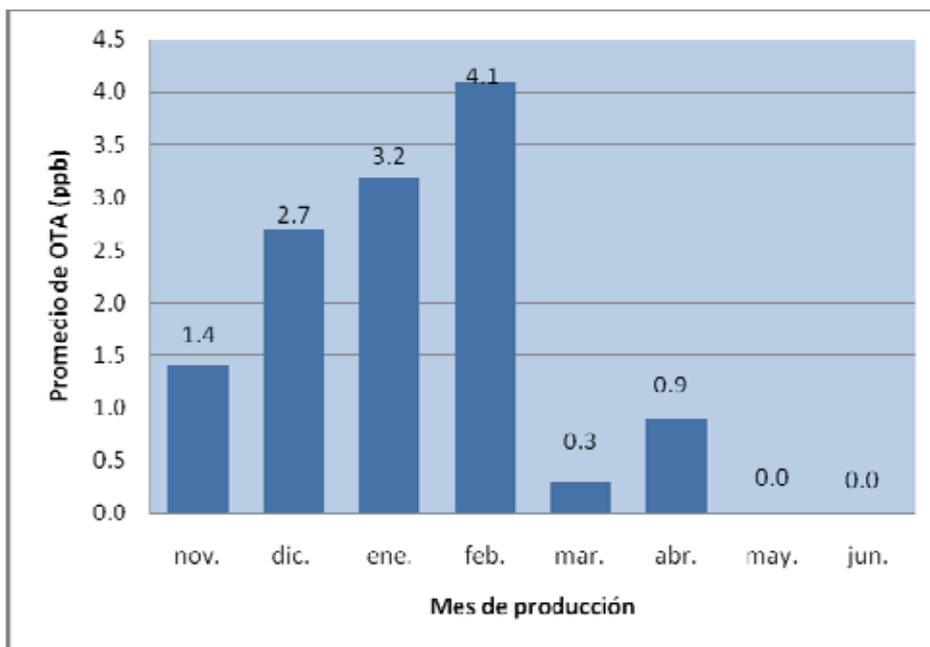
<sup>1</sup>Los resultados están corregidos para consignar la recuperación; <sup>2</sup>30 muestras <0,6 µg/kg; las muestras fueron analizadas por laboratorios diferentes, con LOD de 0,1, 0,2 ó 0,5 µg/kg; \*incluye las muestras entre LOD-LOQ.

#### FACTORES QUE AFECTAN A LA PRESENCIA DE OTA EN EL CACAO

57. Gilmour y Lindblom (2008) informaron de un estudio realizado entre 1999 y 2004 en África Occidental (Gráfico 4). El objetivo del estudio era identificar los puntos críticos de control en la cadena del cacao, con el objetivo de sentar las bases para la formulación de estrategias de prevención que se establecerían en un marco del análisis de peligros y puntos críticos de control (APPCC) para reducir al mínimo la exposición del consumidor.

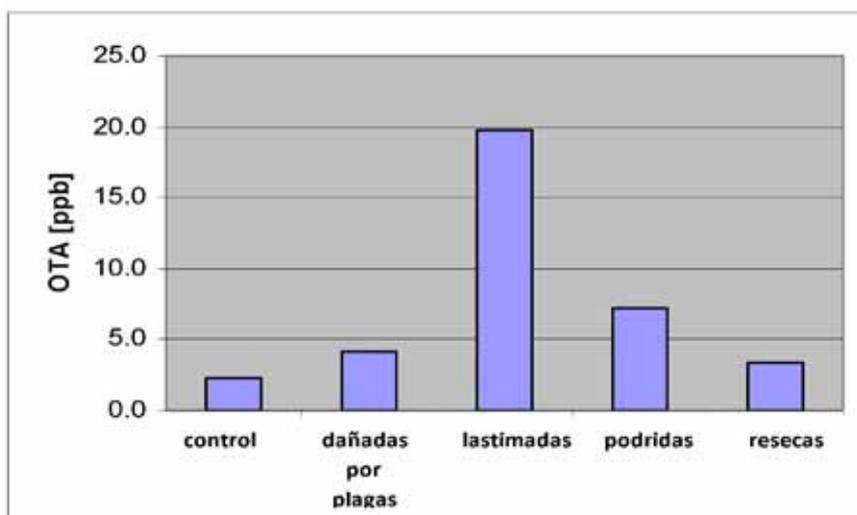
Las conclusiones fueron:

- la contaminación comienza desde que el fruto está en el árbol y la cosecha hasta antes de la fermentación, y las vainas dañadas son la parte principal del problema;
- la inoculación inicial se produce antes de la fermentación o durante la misma;
- el procedimiento de secado de las semillas del cacao puede contribuir a la formación de OTA, pero no parece ser la principal fuente de contaminación;
- parece que un secado deficiente permite aumentar los niveles de toxinas en las semillas que ya estaban contaminadas;
- los niveles de OTA pueden variar durante la temporada agrícola;
- en las muestras de cacao en grano tomadas en etapas posteriores de la cadena de suministro no se encontraron otros aumentos de los niveles de OTA; y
- ~50% de la toxina contaminante se elimina físicamente al retirar las cáscaras de las semillas.



**Gráfico 4.** Variación de los niveles de OTA como función de la producción mensual (Gilmour y Lindblom, 2008)

58. Experimentos realizados en grandes fincas comerciales de Côte d'Ivoire indicaron que durante una fermentación bien controlada se producía muy poca OTA. La fermentación se llevó a cabo en costales situados en medio y encima de cajas de madera para la fermentación. Las cajas no tenían contaminación visible de mohos al terminar la fermentación y el contenido de las mismas se secó en capas de secado a dos profundidades diferentes (3 y 8 cm). No se encontró OTA en ninguna de las muestras (Gilmour y Lindblom, 2008).
59. A diferencia de los resultados obtenidos en estudios de fermentación a escala industrial en cajas grandes, muchas de las muestras de semillas producidas por pequeños agricultores (fermentación en cúmulos, lotes pequeños) presentaban OTA. El nivel de OTA fue >0,5 ng/g en 24 de las muestras (39%) y >2 ng/g en 11 muestras (18%). Los autores concluyeron que por sí solas las condiciones de secado no son responsables del contenido de OTA, que depende de la interacción entre las condiciones de la cosecha, la fermentación y el secado, y que la temporada seca parece ser el período más crítico para la contaminación por OTA. Por tanto, las condiciones más difíciles de fermentación que se producen en esos momentos, debido a las condiciones climáticas y a la índole del mucílago, podían facilitar la formación de mohos y la producción de OTA (Gilmour y Lindblom, 2008).
60. Dembele *et al.*, 2009 realizaron estudios en Cote d'Ivoire para determinar los puntos críticos de contaminación en la finca. Los resultados demostraron que las semillas de vainas dañadas eran las más contaminadas, con niveles de 2,49 a 2,8 µg/kg. Sin embargo, las vainas parcialmente podridas mostraban niveles de contaminación de 0,3 a 0,74 µg/kg, mientras que las semillas de vainas buenas presentaban un contenido de 0,22 a 0,37 µg/kg de OTA (Gráfico 5). Los resultados muestran que la formación de OTA es mucho mayor en semillas de vainas dañadas que en semillas de vainas buenas y confirman los resultados señalados por Bastide (Bastide et al 2006).



**Gráfico 5.** Efecto de la condición fitosanitaria de las vainas de cacao en los niveles de OTA encontrados en las semillas secas de cacao (Bastide *et al.*, 2006).

61. De 37 muestras tomadas en cúmulos de fermentación, semillas en secado, esterillas de secado, hojas de banano y muestras de aire, sólo se encontró un *A. niger* productor de OTA. Además, en otras muestras de semillas de cacao con análisis positivo de OTA, tomadas durante el secado y el almacenamiento, sólo se encontró un *A. carbonarius* productor de OTA. Este limitado trabajo sobre la micoflora de las semillas de cacao y el entorno agrícola reveló que había hongos capaces de producir OTA en muestras de semillas, así como en el entorno y en el equipo de la finca (COCOQUAL, 2007).
62. Estudios con cultivos de cacao demuestran el potencial de formarse y producir OTA de *A. ochraceus* y otros mohos del cacao que se pueden aislar (*A. carbonarius*, *A. niger*, *A. tubingensis*). Se demostró que la producción de OTA depende mucho de la temperatura, el pH y la actividad acuosa del sustrato. Se observó que una actividad acuosa de 0,97 es óptima para la biosíntesis de la OTA. El *A. niger* BFE 632 mostró la mayor producción de OTA a 30°C en agar de malta-glucosa, mientras que el *A. carbonarius* BFE 640 produjo más OTA en agar de cacao a 25°C (COCOQUAL, 2007).

### INGESTA ALIMENTARIA

63. El Grupo Científico sobre Contaminantes en los Alimentos de la EFSA calculó que los niveles actuales de exposición a la OTA en los Estados miembros de la UE varían entre 15 y 60 ng/kg pc/semana (5º proyecto del Programa marco de investigación y tecnología sobre evaluación de riesgos-la OTA: QLK1-2001-01614). Este porcentaje de exposición es inferior al valor de la ingesta semanal tolerable (IST) de 120 ng/kg pc, obtenida por el Grupo. Sin embargo, dado que las bases de datos actuales de la EFSA sobre el consumo no incluyen a lactantes y niños, el Grupo concluyó que se necesitarían más datos para calcular los porcentajes de exposición de este segmento de consumidores y de los que consumen grandes cantidades de determinadas especialidades regionales que contienen OTA (EFSA, 2006).
64. La Tarea de Cooperación Científica 3.2.2 (SCOOP) presentó datos que indican que el consumo diario de cacao es 31 g/día/persona, lo que corresponde a una ingesta de OTA de 21 ng/kg/semana/persona, que contribuye un 5% al total de la ingesta de OTA. El consumo de cereales supuso un 55% del total de la ingesta. La Tarea de seguimiento 3.2.7 de SCOOP (Miraglia y Brera, 2002) confirmó que los cereales eran todavía los que más contribuyen al total de la ingesta de OTA.
65. A fin de estimar la exposición alimentaria a la OTA, el Departamento de Higiene Ambiental y Alimentos (FEHD, 2006) de Hong Kong concluyó en febrero de 2006 un estudio que abarcó ocho grupos de alimentos principales, que comprenden el chocolate y los productos de cacao. Se observó que la exposición alimentaria a la OTA era 4 y 9 ng/kg pc/semana para el estudiante de secundaria promedio, y para el consumidor por encima del promedio, respectivamente. La principal fuente alimentaria de OTA eran los cereales y sus productos (61% del total de la exposición), y los chocolates aportaron un 6% al total de la exposición alimentaria.
66. En los Países Bajos la ingesta promedio de OTA se estimó en 1,0 ng/kg pc/día, de la cual el 5% procedía del consumo de productos de cacao y más del 50% del consumo de cereales. Otras fuentes son el café, el vino tinto y la carne (Baker y Pieters, 2002).
67. En Canadá, la exposición estimada a la OTA estaba entre 1,15 y 1,76 ng/kg pc/día para los adultos, y 2,6 y 4,38 ng/kg pc/día para los niños, siendo los cereales y los alimentos a base de cereales las principales fuentes de exposición. Esta evaluación no contempla la exposición a la OTA por el cacao y el chocolate (Kuiper-Goodman *et al.*, 2010).
68. En Italia, la ingesta semanal más elevada de OTA se asoció al consumo de huevos de Pascua por los niños (grupo de 0 a 10 años) (Brera *et al.*, 2011). Suponiendo que el cacao y los productos a base de chocolate representaran el 4% de la alimentación (Miraglia y Brera, 2002), la ingesta estimada sería 4,8 ng/kg pc/semana, muy por debajo de la ISTP establecida por la EFSA (120 ng/kg pc/semana).
69. En España, la ingesta diaria estimada de OTA por el consumo de chocolate y productos de cacao (consumo medio de 8,6 g, 60 kg pc) era 0,036 ng/kg pc/día, lo que representa el 0,26% de la ingesta diaria tolerable provisional (IDTP) establecida por el JECFA (Burdaspal y Legarda, 2003).

### ESTADO DE LA REGLAMENTACIÓN

70. En la UE, el Reglamento 1881/2006 de la Comisión Europea de 2006 estableció niveles máximos para la OTA en los granos de cereales sin elaborar, todos los productos derivados de cereales y la fruta seca de la vid (grosellas, pasas y sultanas), el café tostado, el café soluble, el vino, el jugo de uva, los alimentos para bebés, los alimentos elaborados a base de cereales para lactantes y niños pequeños, y los alimentos dietéticos o para fines médicos especiales destinados específicamente a los lactantes. Algunos de los niveles máximos se aplican ya desde abril de 2002 y otros desde abril de 2005.
71. La Comunidad Europea (Reglamento de la Comisión 105/2010) establece que "Sobre la base de la información disponible, con vistas a la protección de la salud pública no parece necesario establecer un contenido máximo de OTA en los frutos secos distintos de las uvas pasas, el cacao y productos del cacao, los productos cárnicos, incluidos los despojos comestibles y productos sanguíneos, y vinos de licor, ya que no contribuyen de forma importante a la exposición a la OTA y rara vez se ha encontrado un contenido elevado de OTA en esos productos. En el caso del café verde y la cerveza, la presencia de OTA ya se controla en otra fase más adecuada de la cadena de producción (en el café tostado y en la malta, respectivamente)."
72. En 2003, el Ministerio de Salud italiano, apelando al principio de prevención, estableció un límite legal de 2,0 µg/kg y 0,5 µg/kg para el cacao en polvo y los productos de chocolate, respectivamente. En base a la evaluación de riesgos realizada por Brera *et al.* (2010), que no manifestaba preocupación sanitaria y para ajustarse a la reglamentación de la UE, el Consejo Superior de Sanidad de Italia decidió eliminar el límite legal para la OTA en el cacao y en los productos a base de chocolate.

73. Brasil ha establecido 5 µg/kg como nivel máximo para el contenido de OTA en los productos de cacao, incluido el chocolate (ANVISA Resolução nº7/2011).
74. El Ministerio de Sanidad de Canadá está en el proceso de proponer límites máximos para la OTA en una variedad de alimentos, debido a una evaluación sanitaria de riesgos realizada (Turcotte y Scott, 2010). Actualmente no se están examinando los límites máximos para la OTA en el cacao.
75. La Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA) no ha establecido límites de referencia ni criterios de intervención para la ocratoxina A en ningún producto.

#### PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE LA OTA EN EL CACAO

76. La industria europea del cacao y el chocolate, y los países productores, están llevando a cabo estudios para entender las fuentes de la contaminación por OTA y las medidas adecuadas de corrección.
77. Investigación reciente respaldada por la industria europea del chocolate y el cacao en algunos países productores ha revelado que se puede encontrar OTA en el cacao en grano de la mayoría de los países productores y que las prácticas en las primeras fases de la elaboración en las fincas productoras son decisivas. Esto implica que es necesario intervenir en la finca para lograr una reducción importante de la contaminación por OTA (Gilmour y Lindblom, 2008). Las medidas de prevención podrían ser la separación de las vainas dañadas y el control de los procedimientos de fermentación y secado.
78. Un estudio realizado en pequeñas fincas de Côte d'Ivoire y Togo señalaba que la presencia de OTA se relaciona con las prácticas de elaboración postcosecha, como los defectos de las vainas, y con las condiciones climáticas asociadas al mes de la cosecha (Bastide *et al.*, 2006).
79. Coppetti *et al.* (2010) evaluaron el contenido de OTA durante la elaboración del cacao en la finca y concluyeron que el punto crítico está en la fase del secado.
80. En la elaboración básica del cacao existen algunos sistemas de gestión de la calidad. Dahl (2006), en su trabajo en el proyecto Coccoqual financiado por la UE, creó un sistema de gestión de la calidad basado en la norma ISO 22000, para la elaboración básica del cacao, con el fin de garantizar la buena calidad del cacao, incluyendo la prevención de la OTA.
81. El descubrimiento que algunas bacterias del ácido láctico inhiben la formación de mohos ocratoxigénicos tiene profundas repercusiones en la inocuidad de los alimentos, que podrían aprovecharse en la prevención de la formación de OTA en el cacao. Este descubrimiento podría explotarse en una innovación futura de cultivos de inicio para fermentar el cacao (COCOQUAL, 2007).
82. Durante la fermentación del cacao se detectó la presencia de ácido láctico, acético y cítrico (Petithuguenin, 2002; Jinap y Dimick 1990). Se verificó que tienen un efecto inhibitorio sobre la proliferación de hongos ocratoxígenos y la producción de ocratoxina A (Coppetti *et al.*, 2011b). Estos autores evaluaron la proliferación de *A. carbonarius* y *A. niger*, y la producción de ocratoxina A en medios de cultivo mediante esos tres ácidos orgánicos en su formulación y concluyeron que el ácido acético era el más inhibitorio de las dos especies, también en la producción de OTA. Los autores recomendaron también la fermentación para evitar la ocratoxina A debido a la presencia de ácido acético.
83. Hay datos que indican que los compuestos fenólicos antioxidantes, el ácido gálico, el ácido vanílico, el ácido 4-hidroxibenzoico, la catequina, el ácido cafeico (algunos de ellos se encuentran en el cacao en grano), eliminan generalmente la producción de OTA y la proliferación de varias especies de *Aspergillus* ocratoxigénicos. El efecto de cada compuesto en la producción y proliferación de OTA es diferente entre las distintas cepas y generalmente es variable, lo que indica que diversos factores ecológicos y de desarrollo pueden influir en la producción de OTA por especies específicas y en la respuesta a los compuestos fenólicos. La información sobre la respuesta genética y fisiológica ante los compuestos antioxidantes podría llevar a estrategias de intervención selectivas para reducir las pérdidas económicas debido a la contaminación por OTA (Palumbo *et al.*, 2007).
84. Se ha demostrado que los aceites esenciales de *Aframomum danielli* reducen los niveles de OTA en el cacao en polvo fortificado, con una eficacia de reducción del 64% al 95% (Aroyeun y Adegoke, 2007). La importancia de este trabajo estriba en el potencial de utilizar *A. danielli* como medida en los procedimientos para reducir el contenido de OTA en las muestras muy contaminadas.
85. Se analizaron 65 aislados de bacterias del ácido láctico extraídas del cacao, con un método de localización para evaluar su capacidad de inhibir la formación de 12 mohos productores de OTA. Las cepas más analizadas, *L. fermentum* y *L. plantarium*, inhibieron la formación de mohos (COCOQUAL, 2007).
86. Una parte importante de la OTA originalmente presente en las semillas de cacao está en la fracción de la cáscara, que se elimina en la elaboración. Otras fases de la elaboración de las semillas de cacao en productos acabados no conducen a la eliminación ni a la destrucción/degradación de la OTA. Por consiguiente, un proceso bien controlado de descascarillado podría lograr una reducción importante de los niveles de OTA en los productos derivados del cacao (Amezqueta *et al.*, 2005). La descripción de la norma del Codex para el cacao en pasta y el licor de cacao/chocolate es el producto obtenido del cacao que ha sido limpiado y liberado de la cáscara del modo técnicamente más completo posible (Codex Stan 141-1983, Rev. 1-2001).

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

87. El presente documento de debate sobre la OTA en el cacao lleva a las siguientes conclusiones generales y recomendaciones para que se examinen en la 6ª reunión del Comité del Codex sobre Contaminantes de los Alimentos:
- a) El CCCF puede considerar iniciar nuevo trabajo para la elaboración de un código de prácticas para prevenir y reducir el contenido de OTA en el cacao. El CCCF puede examinar el anteproyecto de documento de proyecto que se presenta en el Anexo I para presentarlo al 35º período de sesiones de la Comisión, a través del examen crítico del Comité Ejecutivo, para su aprobación como nuevo trabajo.
  - b) A reserva de la aprobación de nuevo trabajo por la Comisión, ese código se elaborará de acuerdo con las líneas similares al actual Código de Prácticas para Prevenir y Reducir la Contaminación de Ocratoxina A en el Café (CAC/RCP 69-2009). También podrá utilizarse como base el esbozo propuesto del código que se presenta en el Anexo II de este documento.
  - c) La necesidad de establecer un nivel máximo para el contenido de OTA en el cacao se evaluará tras desarrollar y llevar a la práctica el código de prácticas, y contemplará:
    - (i) Las importantes diferencias entre el nivel de OTA en las cáscaras, granos sin tostar, granos tostados, semillas tostadas y productos de chocolate y cacao que contienen aditivos por la elaboración industrial.
    - (ii) La puesta en práctica del Código de Prácticas por todos los países productores.
    - (iii) La necesidad de conseguir datos fiables sobre la exposición mundial.

## REFERENCIAS

- Abrokwa F., and Sackey S. T., (2010). Studies on conditions that predispose cocoa to ochratoxin A contamination. MPhil Thesis, University of Ghana, Legon
- ADM Cocoa, (1999). The De Zaan Cocoa Products Manual: an ADM Publication on Cocoa Liquor, Cocoa Butter, Cocoa Powder, Koogan de Zaan, Netherlands: ADM Cocoa B.V.
- Amezqueta, S., Gonzalez-Penas, E., Murillo, M., & Lopez de Cerfin, A. (2005). Occurrence of ochratoxin A in cocoa beans: effect of shelling. *Food Additives and Contam.* 22: 590 - 595
- Amezqueta, S., Gonzalez-Penas, E., Murillo, M., & Lopez de Cerfin, A. (2004). Validation of a high performance liquid chromatography analytical method for ochratoxin A quantification in cocoa beans. *Food Additives and Contam.* 21: 1096 -1106
- ANVISA- Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 7, de 18 de fevereiro de 2011, de Dispõe sobre limites máximos tolerados (LMT) de micotoxinas em alimentos. D.O.U de 09/03/2011.
- Appiah V. (2001). The Use of ionizing radiation from <sup>60</sup>Co gamma source in controlling moldiness in dry cocoa. PhD Thesis, University of Ghana, Legon.
- Aroyeun, S. O. and Adegoke, G. O. (2007). Reduction of ochratoxin A in spiked cocoa powder and beverage using aqueous extracts and essential oils of *Aframomum danielli*. *African J. Biotechnol.* 6: 612 – 616
- Bakker, M., Pieters, M. N. (2002). Risk assessment of ochratoxin A in the Netherlands. RIVM report 388802025/2002
- Bastide, P., Fourny, G., Durand, N., Petithuguenin, P., Guyot, B., Gilmour, M and Lindblom, M (2006). Identification of Ochratoxin A sources during cocoa post-harvest processing: influence of harvest quality and climatic factors. 15<sup>th</sup> Intl. Cocoa Res. Conf., San Jose, Costa Rica, 9-17 October 2006
- Bonvehi, S. J. (2004). Occurrence of ochratoxin A in cocoa products and chocolate. *J. Agric. Food Chem.* 52: 6347 - 6352
- Boorman, G. A. (1989). Toxicology and carcinogenesis studies of ochratoxin A in F344/N rats. NTP Technical Report NTP TR 358
- Boudra, H., Le Bars, P, and Le Bars, J. (1995). Thermostability of Ochratoxin A in wheat under two moisture conditions. *Appl. Environ. Microbiol.* 61:1156-1159
- Brera, C., Grossi, S., De Santis, B. and Miraglia, M (2003). High performance liquid chromatographic method for the determination of ochratoxin A in cocoa powder. *J. Liq. Chromatog. Related Technologies* 26: 585 - 598
- Brera, C., Grossi, S., Miraglia, M (2005). Interlaboratory study for ochratoxin A determination in cocoa powder samples. *J. Liq. Chromatog. Related Technologies* 28: 35 – 61
- Brera, C., Grossi, S., Debegnach, F., De Santis, B., Minardi, V., Miraglia, M (2006). Proficiency testing as a tool for implementing internal quality control: the case of ochratoxin A in cocoa powder. *Accred. Qual. Assur.* 11: 349 - 355
- Brera, C., Iafate, I., Debegnach, F., De Santis, B., Pannunzi, E., Berdini, C., Prantero, E., Gregori, E., Miraglia, M. (2011). Ochratoxin A in cocoa and chocolate products from the Italian market: occurrence and exposure assessment, 22, 1663-1667.
- Burdaspal, P. A., and Legarda, T. M. (2003). Ochratoxin A in samples of different types of chocolate and cacao powder, marketed in Spain and fifteen foreign countries. *Alimentaria* 347: 143-153
- CAOBISCO/ECA/FCC (2003). Joint CAOBISCO/ECA/FCC updated position on ochratoxin A in cocoa and chocolate products. CAOBISCO/ECA/FCC 725: 1 -752: 1 - 6
- Camu, N., De Winter. T., Verbrugghe, K., Cleenwerck I., Vandamme, P., Takrama J. S., Vancanneyt, M., and De Vuyst L (2007). Dynamics and biodiversity of populations of lactic acid bacteria and acetic acid bacteria involved in spontaneous heap fermentation of cocoa beans in Ghana. *Appl. Environ. Microbiol.*, 73(6): 1809-1824.
- COCOQUAL(2007). Developing biochemical and molecular markers as indices for improving quality assurance in the primary processing of cocoa in West Africa. Final Report. Analysis of the mycological status of cocoa beans with emphasis on ochratoxigenic fungi. Project No.ICA4-CT-2002-10040 (EU 5<sup>th</sup> FP INCO-DEV Project) [http://cordis.europa.eu/data/PROJ\\_FP5](http://cordis.europa.eu/data/PROJ_FP5)
- Codex Alimentarius Commission (1998). Position paper on ochratoxin A. FAO/WHO, Rome, Italy. [http://www.who.int/fsf/chemicalcontaminants/ochratoxinpp99\\_14.pdf](http://www.who.int/fsf/chemicalcontaminants/ochratoxinpp99_14.pdf)
- CODEX STAN 141-1983, Rev. 1-2001 Standard for Cocoa (Cocoa) Mass (Cocoa/Chocolate Liquor) and Cocoa Cake.
- Commission Regulation (EC) No. 401/2006 (23 February 2006). Laying down the methods of sampling and analysis for the official control of the levels of mycotoxins in foodstuffs. Official Journal of the European Union L70/12
- Commission Regulation No. 1881/2006 (19 December 2006). Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Official Journal of the European Union, L 364/4-364/24.
- Commission Regulation (EC) No. 105/2010 (5 February 2010). Amending Regulation (EC) No 1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs as regards ochratoxin A. Official Journal of European Union, L 35/7.
- Copetti, M.V. (2009). Micobiota do cacau: Fungos e Micotoxinas do cacau ao chocolate. PhD. Thesis, Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- Copetti, M.V; Pereira, J.L.; Iamanaka, B.T.; Pitt, J.I; Taniwaki, M.H. (2010). Ochratoxigenic fungi and ochratoxin A in cocoa during farm processing. *Intl. J. Food Microbiol.* 143: 67-70.

- Copetti, M. V.; Iamanaka, B. T.; Pereira, J. L. Lemes, D. P.; Nakano, F. N.; Taniwaki, M. H. Co-occurrence of ochratoxin A and aflatoxins in chocolate marketed in Brazil. *Food Control*. (submitted 2011)
- Copetti, M. V.; Iamanaka, B. T.; Frisvad, G. C.; Pereira, J. L.; Taniwaki, M. H. The effect of cocoa fermentation and weak organic acids on ochratoxigenic fungal growth and ochratoxin A production, *Intl. J. Food Microbiol.* (submitted, 2011b)
- Dahl, M. W. (2006). Development of a management system for the primary processing of cocoa – based on quality and food safety. MSc. Thesis, The Royal Veterinary and Agricultural University, Dept of Dairy and Food Science, Frederiksberg, Denmark.
- Dembele, A., Coulibaly, A.; Traoré, S.K.; Mamadou, K.; Silue, N.; Abba Touré, A. (2009). Détermination du niveau de contamination de l'ochratoxine A (OTA) dans les fèves de cacao à l'exportation. *Tropicicultura*, 27: 1, 26-30.
- DNFCS database, Risk Assessment of Ochratoxin A in the Netherlands, M. Bakker, M.N. Pieters.
- Dongo, L., Bandyopadhyay, R., Kumar, M. and Ojiambo, P. S. (2008) Occurrence of ochratoxin A in Nigerian ready for sale cocoa beans. *Agricultural J.* 3: 4 – 9.
- European Food Safety Authority - EFSA (2006). Opinion of the Scientific Panel on contaminants in the Food Chain of the EFSA on a request from the Commission related to ochratoxin A in food.(4 April 2006). [http://www.efsa.europa.eu/etc/medialib/efsa/science/contam/contam\\_opinions/1521.Par.0001.File.dat/contam\\_op\\_ej365\\_ochratoxin\\_a\\_food\\_en1.pdf](http://www.efsa.europa.eu/etc/medialib/efsa/science/contam/contam_opinions/1521.Par.0001.File.dat/contam_op_ej365_ochratoxin_a_food_en1.pdf)
- European Food Safety Authority - EFSA (2010). Statement on recent scientific information on the toxicity of Ochratoxin A. (4 June 2010). <http://www.efsa.europa.eu/en/scdocs/doc/1626.pdf>
- FAO/WHO/UNEP (1999). Mycotoxin prevention and decontamination. Corn: a case study. Third Joint FAO/WHO/UNEP Intl. Conf. Mycotoxins 6b: 2 - 11
- FEHD Report (2006). LegCo Panel (9 May 2006). LegCo Panel on Food Safety and Environmental Hygiene (Hong Kong). <http://www.legco.gov.hk/yr05-06/english/panels/fseh/paper/fe0509cb2-1905-04-e.pdf>
- Gilmour, M and Lindblom, M (2008). Management of Ochratoxin A in the Cocoa Supply Chain: A Summary of Work by the CAOBISCO/ECA/FCC Working Group: Mycotoxins: Detection methods, Management, Public Health and Agricultural Trade, CAB International.
- Guehi, S. T, Dabonne S., Ban-koffi L., Kedjebo D. K and Zahouli G. I. B. (2010). Effect of Turning Beans and Fermentation Method on the Acidity and Physical Quality of Raw Cocoa Beans *Advance Journal of Food Science and Technology* 2(93): 163-171.
- Hii, C. L., Law, C. L., and Cloke M. (2009). Modeling using a new thin layer drying model and product quality of cocoa. *Journal of Food Engineering* 90, 191–198
- ICCO (2007). Production of Cocoa Beans. Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics. <http://www.icco.org/statistics/production.aspx> (posted 22 October 2007).
- International Agency for Research on Cancer (IARC) (1993). IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans; IARC Working Group, WHO: Lyon, France, vol. 56
- JECFA (1995). Evaluation of certain food additives and contaminants. Forty-fourth Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series No. 859, 1995
- JECFA (2001). Safety evaluation of certain mycotoxins in Food. Fifty-sixth Meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Food Additives Series 47 – FAO Food and Nutrition Paper –IPCS- International Programme on Chemical Safety, WHO, Geneva, 2001
- JECFA (2007). JECFA/68/SC. Summary and Conclusions. Geneva, 19-28 June 2007, 18p.
- JINAP, S., DIMICK, P. S. (1990). Acidic characteristic of fermented and dried cocoa beans 430 from different countries of origin. *Journal of Food Science* 55, 547-550
- Lobeau, M., De Saeger, S., Sibanda, L., Barna-Vetro, I. and Van Peterghem, C. (2007). Application and validation of a clean-up tandem assay column for screening ochratoxin A in cocoa powder. *Food Additives and Contaminants* 24: 398 – 405.
- MAFF (1999). Ministry of Agriculture and Fisheries and Food. Survey of Aflatoxins and ochratoxin A in cereals and retail product. Food Surveillance information Sheet No.130. <http://archive.food.gov.uk/maff/food/infosheet/1999/no185/185ochra.htm>
- MHLW (2006). Ministry of Health, Labour&Welfare, Japan.OTA contamination in retail chocolate in Japan in 2005
- Minifie, B. W. (1982). In B. W. Minifie (ed), *Chocolate, cocoa and confectionery: Science and Technology*, 2<sup>nd</sup> ed. AVI Publishing Company, Westport, Connecticut.
- Miraglia, M., Brera, C. (2002). Assessment of dietary intake of ochratoxin A by the population of EU member states, Reports on tasks for scientific cooperation, task 3.2.7., 69-86. Publisher: SCOOP Directorate-General Health and Consumer Protection. [http://ec.europa.eu/food/fs/scoop/3.2.7\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/food/fs/scoop/3.2.7_en.pdf)
- Mounjouenpou, P., Gueule, D., Fontana-Tachon, A., Guyot, B. Tondje, P. R. and Guiraud, J-P (2008). Filamentous fungi producing ochratoxin A during cocoa processing in Cameroon. *International Journal of Food Microbiology* 121: 234-241.
- Murphy P. A., Hendrich, S., Landgren, C., Bryant, C. M.(2006) Food Mycotoxins: An Update. *J. Food Sci.* 71: R51 – R65
- O'Brien, E., Dietrich, D. R. (2005). Ochratoxin A: The continuing enigma. *Crit. Rev. Toxicol.* 35: 33 - 60
- Palumbo, J. D., O'Keeffe and Mahoney, N. E. (2007) Inhibition of ochratoxin A production and growth of *Aspergillus* species by phenolic antioxidant compounds. *Mycopathologia* 164: 241 – 248
- Petithuguenin, P. (2002). Causes and development of ochratoxin A on cocoa beans:

Results of a research project conducted in 2001-2002 in Côte d'Ivoire. International ZDS Symposium.

Pittet, A., Royer, D. (2002). Rapid, low cost thin-layer chromatographic screening method for the detection of ochratoxin A in green coffee at a control level of 10 ug/kg. *J. Agric. Food Chem.* 50: 243 - 247

Ratters M., and Matissek R., (2006). No OTA in fresh cocoa beans. *Mycotoxin Research* Vol. 23, No. 2

Sangare-Tigori, B., Moukha, S., Kouadio, J. H., Dano, D. S., Betbeder, A. M., Achour, A. and Creppy, E. E. (2006). Ochratoxin A in human blood in Abidjan, Cote d'Ivoire. *Toxicol.* 47: 894 – 900.

Schwartz, G. G. (2002). Hypothesis: Does ochratoxin A cause testicular cancer? *Cancer Causes Control* 13: 91 - 100

Scott, P.M. (1996). Effects of processing and detoxification treatments on Ochratoxin A. In: C.P.Kurtzman and J.W. Fell: *Food Additives and Contaminants*. Fourth edition. Elsevier, Amsterdam. pp.214-220.

Spanjer, M. C., Scholten, J. M., Kastrop, S., Jorissen, U., Schatzki, T. F. and Toyofuku, N. (2006). Sample comminution for mycotoxin analysis: Dry milling or slurry mixing? *Food Additives and Contaminants* 23: 73 – 83.

Stander, M.A., Steyn, P.S., van der Westhuizen, F.H. and Payne, B.E. (2001). A kinetic study into the hydrolysis of the ochratoxins and analogues by carboxypeptidase A. *Chemical research in Toxicology*, 14: 302-304.

Tafari, A., Ferracane, R. and Ritieni, A. (2004). Ochratoxin A in Italian marketed cocoa products. *Food Chem.* 88:487 - 494

Tsubouchi, H., Terada, H., Yamamoto, K., Hisada, K. and Sakabe, Y. (1995). Caffeine degradation and increased ochratoxin production by toxigenic strains of *Aspergillus ochraceus* isolated from green coffee beans. *Mycopathologia*, 90: 181 – 186

Turcotte, A.M. and Scott, P.M. (2011). Ochratoxin A in cocoa and chocolate sampled in Canada. *Food Additives and Contaminants*, 28(6), 762-766

Vecchio, A. and Finoli, C. (2007). Ochratoxin A in cocoa products. *Industria Alimentari*, 46:1015-1020.

Vinkx C., 2007 (Personal communication)

Zahouli G.I.B., Guehi S. T., Fae A. M., Ban-Koffi L., and Nemlin J. G. (2010). Effect of drying on the chemical quality traits of cocoa raw materials. *Advance Journal of Food Science and Technology* 2(4): 184-190.

## DOCUMENTO DE PROYECTO

## PROPUESTA DE UN “CÓDIGO DE PRÁCTICAS PARA PREVENIR Y REDUCIR LA CONTAMINACIÓN DE OCRATOXINA A EN EL CACAO”

**1. Objetivo y ámbito de aplicación del nuevo trabajo**

El objetivo del nuevo trabajo propuesto es ofrecer una orientación a los países miembros y la industria del cacao para prevenir y reducir la contaminación de ocratoxina A (OTA) en el cacao. El ámbito del nuevo trabajo comprende la elaboración de un proyecto de Código de Prácticas para Prevenir y Reducir la Contaminación de OTA en el Cacao, que abarque todas las fases de la cadena del cacao. Es previsible que este nuevo trabajo se realice en base a las Directrices de la FAO para prevenir la formación de moho en el café y en línea con el actual código de prácticas elaborado para el café.

**2. Pertinencia y oportunidad**

La toxicidad de la OTA ha sido examinada por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), que ha clasificado la OTA como un posible cancerígeno humano (grupo 2B) y por el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA)

La ocratoxina A es una micotoxina presente de forma natural en los productos alimentarios en todo el mundo, incluidos los granos de cacao y los productos del cacao. Generalmente la OTA en el cacao se asocia con la cáscara del grano del cacao y los sólidos de cacao exentos de grasa (cacao en polvo). Los granos de cacao no se consumen como tales sino que se someten a transformación industrial para convertirlos en productos del cacao antes del consumo. Los productos del cacao son ingredientes muy importantes de productos farmacéuticos, pasteles, galletas y dulces de chocolate. Un 71% del suministro mundial de cacao en grano procede de África Occidental. También se produce cacao en grano en Asia y América Latina. El cacao es un cultivo producido por pequeños agricultores y tiene gran valor comercial para cientos de miles de agricultores de los países productores de cacao, y también gran importancia para las economías de esos países.

La forma más efectiva para prevenir y reducir la OTA en los granos de cacao y los productos del cacao es utilizar las buenas prácticas agrícolas (BPA) a lo largo de la cadena de valor del cacao.

**3. Principales aspectos a tratar**

El nuevo trabajo propuesto se concentrará en las buenas prácticas que controlarán la infección del cacao con hongos productores de OTA, la proliferación de hongos y la producción de OTA. El código comprenderá todas las fases de la cadena de valor del cacao (antes de la cosecha, la elaboración básica, el almacenamiento y el transporte) para desarrollar estrategias para prevenir y reducir la contaminación de OTA en el cacao.

**4. Evaluación con respecto a los criterios para el establecimiento de prioridades de los trabajos**

- a) *La protección del consumidor desde el punto de vista de la salud, la seguridad alimentaria, garantizando prácticas leales en el comercio de alimentos y tomando en consideración las necesidades identificadas de los países en desarrollo.*

El código proporcionará orientación adicional a los países a fin de mejorar la calidad del cacao, evitando y reduciendo la contaminación de OTA y por consiguiente reduciendo al mínimo la exposición alimentaria del consumidor a la OTA por los productos del cacao.

- b) *La diversificación de las legislaciones nacionales e impedimentos aparentes resultantes o posibles para el comercio internacional.*

El código ofrecerá orientación científica reconocida internacionalmente a fin de mejorar el aumento del comercio internacional.

- c) *El trabajo ya realizado en este campo por otras organizaciones.*

Otras organizaciones internacionales no han realizado mucho trabajo sobre la OTA en el cacao; no obstante, la FAO ha elaborado algunas directrices para prevenir la formación de mohos en el café. El Codex ha elaborado también un Código de Prácticas para Prevenir y Reducir la Contaminación de Ocratoxina A en el Café (CAC/RCP 69-2009).

**5. Pertinencia para los objetivos estratégicos del Codex**

El trabajo propuesto recae bajo los cinco objetivos estratégicos del Codex.

*Objetivo 1: fomentar un marco reglamentario racional*

El resultado de este trabajo ayudará a fomentar marcos reglamentarios racionales en el comercio internacional utilizando los conocimientos científicos y la experiencia práctica para prevenir y reducir la contaminación de OTA en el cacao.

Este trabajo armonizará los procedimientos para países desarrollados y en desarrollo con vistas a fomentar la máxima aplicación de las normas del Codex para el comercio leal.

*Objetivo 2: fomentar la aplicación más amplia y consecuente de los principios científicos y el análisis de riesgos*

Este trabajo ayudará a establecer opciones de gestión de riesgos y estrategias para controlar la OTA en el cacao.

*Objetivo 3: potenciar las capacidades de gestión del trabajo del Codex*

El establecimiento de un marco general para la gestión de riesgos para la seguridad alimentaria asociados con la prevención y la reducción de la contaminación de OTA en el cacao ofrecerá un documento general al que el CCCF podrá remitirse y podrá ser utilizado por muchos países.

*Objetivo 4: fomentar la cooperación entre vinculaciones continuas entre el Codex y otros órganos multilaterales*

La participación de la FAO en actividades del Codex ha formado ya una estrecha vinculación y el trabajo realizado por la FAO sobre esta cuestión será la base de este nuevo trabajo del Codex.

*Objetivo 5: fomentar la máxima aplicación de las normas del Codex*

Debido a la índole internacional de este problema, este trabajo apoyará y comprenderá todos los aspectos de este objetivo al requerir tanto la participación de los países desarrollados como de los países en desarrollo para realizar el trabajo.

**6. Información sobre la relación entre la propuesta y otros documentos vigentes del Codex**

Este nuevo trabajo se ha recomendado en el Documento de Debate sobre la OTA en el Cacao que se presentará y se someterá a debate en la 6ª reunión del Comité del Codex sobre Contaminantes de los Alimentos.

**7. Identificación de cualquier requisito y disponibilidad de dictámenes científicos expertos**

En estos momentos no se necesitan dictámenes científicos expertos adicionales porque la FAO ha publicado ya las Directrices para prevenir la formación de moho en el café. La formación de moho en el café y el cacao se debe a micoflora similar.

**8. Identificación de cualquier necesidad de aportaciones técnicas a la norma de órganos externos**

Actualmente no se necesitan aportaciones técnicas adicionales de órganos externos.

**9. El período de tiempo propuesto para terminar el nuevo trabajo, incluida la fecha de comienzo, la fecha propuesta para la adopción en el Trámite 5 y la fecha propuesta para la adopción por la Comisión y el marco de tiempo para elaborar una norma no será normalmente superior a 5 años**

Si la Comisión lo aprueba, el proyecto de Código de Prácticas se distribuirá para recabar observaciones en el Trámite 3 y examinarlo en la 7ª reunión del CCCF en el Trámite 4 en 2013. La aprobación en el Trámite 5 por la Comisión está prevista para 2013 y la aprobación en el Trámite 8 por la Comisión puede esperarse antes de 2014.

**Anteproyecto de CÓDIGO DE PRÁCTICAS PARA PREVENIR Y REDUCIR  
LA CONTAMINACIÓN DE OCRATOXINA A EN EL CACAO O CACAOTERO**

**CONTENIDO**

1 INTRODUCCIÓN.....	222
2 DEFINICIONES.....	23
3 ELABORACIÓN DEL CACAO.....	23
4 PRÁCTICAS RECOMENDADAS.....	24
4.1 Antes de la cosecha.....	24
4.2 La cosecha.....	24
4.3 Almacenamiento y abertura de las vainas.....	24
4.4 Fermentación de los granos de cacao.....	24
4.5 Procedimiento de secado.....	25
4.6 Almacenamiento, transporte y comercialización de los granos de cacao seco.....	25
4.7 Transporte en barco.....	26

**1. INTRODUCCIÓN**

1. El presente documento tiene como fin ofrecer orientación a todas las partes interesadas que producen y manipulan el cacao en grano para el consumo humano. Todos los granos de cacao se prepararán y manipularán de acuerdo con el Código Internacional de Prácticas Recomendado - Principios Generales de Higiene de los Alimentos <sup>6</sup>, que son pertinentes para todos los alimentos que se preparan para el consumo humano. Esos códigos de prácticas indican las medidas que deben poner en práctica todas las personas que tienen la responsabilidad de garantizar que el alimento es inocuo y apto para el consumo.
2. La ocratoxina A (OTA) es un metabolito fúngico tóxico clasificado por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer como un posible cancerígeno humano (grupo 2B). El JECFA estableció una ISTP de 100 ng/kg de peso corporal para la OTA. La OTA es producida por unas pocas especies del género *Aspergillus* y *Penicillium*. Los estudios han demostrado que en los granos del cacao se encuentran solamente especies de *Aspergillus*, específicamente *A. carbonarius* y el agregado *A. niger*, y el número de *A. westerdijkiae*, *A. ochraceus* y *A. melleus* es menor. La OTA se produce cuando se dan las condiciones de actividad acuosa, nutrición y temperatura necesarias para el desarrollo y la biosíntesis.
3. El fruto del cacao derivado del árbol del cacao, *Theobroma cacao L.*, está formado por el pericarpio, el tejido que tiene su origen en la pared del ovario maduro de un fruto, y el ovario. Cuando el fruto ha madurado ese tejido externo, conocido también como la vaina, formado por material orgánico espeso y duro, puede utilizarse como abono, pienso y fuente de potasa. El ovario contiene numerosas semillas incrustadas en una pulpa ácida, acuosa y mucilaginoso. Esa pulpa comestible blanca y blanquecina está formada por un 12% de azúcares y presenta un pH bajo (3,3 - 4,0) debido a su elevado contenido de ácido cítrico. La pulpa contiene hasta un 10% de pectina. La pulpa puede utilizarse para la elaboración de compotas y jaleas, así como bebidas alcohólicas y vinagre.
4. El principal uso comercial reside en las semillas, que se conocen también como cacao en grano. El cacao en grano está formado por un episperma o integumento, embrión y cotiledón. El integumento, la capa protectora de la semilla, se denomina también cáscara cuando está seca. Durante la fermentación el embrión muere y tras el secado, el contenido de grasa del grano de cacao varía entre un 34% y un 56%.
5. Tras los procedimientos adecuados de fermentación y secado, el cacao en grano se somete a ulterior elaboración industrial a fin de elaborar los distintos productos comerciales del cacao.
6. Dado que los granos del cacao se extraen de un fruto puede producirse contaminación por microorganismos y cuando las condiciones son adecuadas para el desarrollo puede empezar el desarrollo de hongos productores de OTA. Generalmente los procedimientos de fermentación y secado pueden crear esta situación favorable si estos procedimientos no se realizan correctamente.
7. Cabe destacar que las siguientes fases de la manufacturación son la eliminación de las cáscaras, el tostado, salseado y refinado. No obstante, solamente la eliminación de la cáscara puede reducir de forma importante los niveles de OTA. Pese a que este código de prácticas se concentra en prevenir y reducir la contaminación de OTA en los granos de cacao, se recomienda que los procesadores en la explotación agrícola y la industria alimentaria establezcan programas específicos de inocuidad de los alimentos relacionados con esos procedimientos a fin de reducir el nivel de OTA en los productos elaborados del cacao para el consumo humano.

<sup>6</sup> Código Internacional de Prácticas Recomendado - Principios Generales de Higiene de los Alimentos (CAC/RCP 1-1969, Rev. 4-2003).

## 2. DEFINICIONES

### *Partes del fruto del cacao (figura 1)*

**Grano del cacao:** la semilla del fruto del cacao compuesta por el episperma (integumento), el embrión y el cotiledón.

**Vaina del cacao:** el pericarpio del fruto del cacao que tiene su origen en la pared del ovario maduro de un fruto.

**Episperma o integumento:** la capa protectora de la semilla, denominada también cáscara cuando está seca.

**Pulpa:** sustancia ácida, acuosa y mucilaginosa en que están incrustadas las semillas.

**Cacao seco:** un término comercial que designa el cacao en grano que ha sido uniformemente secado en su totalidad y cuyo contenido en humedad corresponde a los requisitos de esta norma.

**Grano mohoso:** cacao en que se observan mohos a simple vista en sus partes internas.

**Grano pizarroso:** un grano de cacao que presenta un color pizarroso sobre la mitad de la superficie o más de la mitad expuesta mediante el método descrito en ISO/R 1114.

**Grano dañado por insectos:** un grano de cacao que contiene insectos en sus partes interiores en cualquier fase del desarrollo o que ha sido atacado por insectos que han causado daños visibles a simple vista.

**Grano germinado:** un grano de cacao con la cáscara perforada, partida o rota debido al crecimiento del germen de la semilla.

**Grano plano:** un grano de cacao con los dos cotiledones tan finos que si se corta no se obtiene una parte visible del cotiledón.

**Grano ahumado:** un grano de cacao que tiene un aroma o sabor ahumado o que presenta signos de contaminación de humo.

**Grano roto:** un grano de cacao al que le falta un fragmento. Ese fragmento es más pequeño que la mitad del grano.

**Fragmento:** un trozo del grano de cacao igual o más pequeño que el grano original.

**Trozo de cáscara:** parte de la cáscara sin la semilla.

**Adulteraciones:** adulteración de la composición de un paquete de cacao en grano por un medio cualquiera, de forma que la mezcla resultante o la combinación no se corresponde con la descripción contractual.

**Sustancia extraña:** toda sustancia distinta a los granos de cacao o residuo.

**Contaminación:** cacao que tiene un sabor o aroma ahumado, ajamonado u otro aroma desagradable, o que contiene una sustancia no natural del cacao.

**Cosecha y abertura de los frutos:** los frutos son cosechados manualmente y abiertos utilizando una hoz, un machete o un bastón de madera.

**Fermentación:** procedimiento destinado a reducir la pulpa y poner en marcha cambios bioquímicos en el cotiledón mediante enzimas y microorganismos inherentes del entorno de la finca.

**Procedimiento de secado:** el secado de los granos de cacao al sol o en secadoras mecánicas o solares para reducir el contenido en humedad a fin de que sean estables para el almacenamiento.

**Clasificación:** manipulación técnica destinada a eliminar sustancias extrañas, fragmentos de los granos de cacao secos y pulpa seca; y los granos defectuosos de los granos de cacao secos.

**Tostado:** tratamiento térmico que produce cambios químicos y físicos fundamentales en la estructura y la composición de los granos de cacao y da lugar al oscurecimiento de los granos y el desarrollo del aroma característico de chocolate del cacao tostado.

## 3. ELABORACIÓN DEL CACAO

8. La cosecha consiste en recolectar los frutos maduros de los árboles. Los frutos son recolectados manualmente haciendo un corte limpio por el peciolo con una cuchilla limpia y bien afilada.
9. Las vainas se abren para extraer los granos del cacao con la pulpa lo antes posible o a los pocos días de recogerlas.
10. Los granos de cacao con pulpa extraídos de la vaina se apilan o se colocan en cajas, bandejas o plataformas para que puedan desarrollarse microorganismos y poner en marcha el proceso de fermentación.
11. Normalmente los granos de cacao fermentados se secan al sol en un patio de secado abierto o en tablas suspendidas con numerosas variaciones e innovaciones tecnológicas. El secado al sol y mecánico pueden combinarse o utilizarse juntos.
12. Cuando los granos se han secado correctamente con respecto a los niveles de humedad que se pretende, deben clasificarse para eliminar los granos planos, marchitos, negros, mohosos, pequeños y amalgamados, con daños de insectos y otros defectos.
13. Una vez ha concluido el procedimiento de secado y clasificación, el cacao seco debe colocarse en costales apropiados y almacenarse. La colocación en costales apropiados y el almacenamiento de los granos elaborados es tan importante como la fermentación y el secado correctos.

14. La elaboración industrial de eliminar las cáscaras del cacao (el episperma seco o integumento de la semilla del cacao) antes del tostado puede reducir considerablemente los niveles de OTA.
15. La industria del producto del cacao pondrá en práctica un sistema de supervisión y control, diseñado para prevenir y reducir el nivel de OTA en los siguientes pasos de la elaboración.

#### **4. PRÁCTICAS RECOMENDADAS**

##### **4.1 ANTES DE LA COSECHA**

16. Mientras la pulpa y los granos del cacao están dentro de las vainas sanas del cacao son microbiológicamente estériles frente a los hongos productores de OTA. La contaminación mediante esporas de los hongos que pueden producir OTA se produce durante el proceso de apertura de la vaina del cacao y en los procesos siguientes.
17. Por consiguiente la plantación se mantendrá adecuadamente para garantizar el nivel más bajo que sea posible de infestación de mohos, a fin de evitar la inoculación por esporas de hongos productores de OTA al abrir las vainas del cacao.
18. Las prácticas recomendadas para reducir el desarrollo y carga de esporas de hongos productores de OTA en los granos del cacao son:
  - a) Mantener sanas las plantas del cacao, mediante el uso adecuado de buenas prácticas agrícolas (BPA), como desyerbar, mejorar la textura del suelo, la poda, la fertilización, el control de plagas y enfermedades, y la irrigación.
  - b) No utilizar el riego por aspersión durante la floración y el período de desarrollo de la fruta, porque podrían aumentar los porcentajes normales de dispersión de las esporas y la posibilidad de infección de los granos por productores de OTA.
  - c) Evitar el desecho de residuos orgánicos no tratados del cacao o de cualquier otro origen, en la plantación o en el entorno de la misma. Las semillas de cacao y el material asociado a la semilla, como polvo, tierra y otras semillas, pueden permitir la proliferación de hongos productores de OTA.

##### **4.2 LA COSECHA**

19. Los frutos del cacao deben recolectarse tan pronto como estén maduros. Si no hay muchas vainas maduras la recolección debe realizarse cada dos semanas, y en períodos punta cada semana. Asimismo, es importante realizar cada semana por separado un saneamiento en la finca para eliminar frutos de cacao enfermos con una hoz para el cacao utilizada únicamente a tal efecto.
20. Los frutos resacos se desecharán porque es más probable que estén infectados.
21. Se evitará la recolección de frutos inmaduros. Los granos dentro de vainas inmaduras no fermentan fácilmente. Los granos inmaduros de cacao tienen una pulpa sólida, sin mucílago, son difíciles de separar de la vaina y no fermentan correctamente.
22. El recolector evitará cortar innecesariamente las vainas del cacao para evitar la inoculación y proliferación de hongos productores de OTA en los cortes de la vaina.
23. La cosecha se realizará utilizando técnicas y herramientas específicas. Las herramientas y cestas utilizadas para transportar los frutos estarán limpias y las herramientas se afilarán regularmente.

##### **4.3 ALMACENAMIENTO Y ABERTURA DE LAS VAINAS**

24. Cuando se haya recolectado una cantidad suficientemente grande de frutos, se abrirán las vainas manualmente (utilizando bastones de madera o machetes) o mecánicamente (utilizando máquinas para abrir la vaina del cacao) y se extraerán los granos. Se recomienda abrir los frutos lo antes posible o al cabo de unos días tras la cosecha a fin de evitar la proliferación fúngica.
25. Los frutos dañados o estropeados no se guardarán más de un día antes de fermentar.
26. Durante el proceso de apertura cualquier parte defectuosa de la vaina del cacao, granos mohosos, enfermos y dañados se retirarán y se eliminarán adecuadamente.

##### **4.4 FERMENTACIÓN DE LOS GRANOS DE CACAO**

27. Los granos de cacao con pulpa se colocarán en cajas, bandejas o plataformas apropiadas, convenientemente limpias y secas, para la fermentación.
28. La masa mucilaginosa se girará con frecuencia para asegurarse de que en los cúmulos haya un calor uniforme, a fin de permitir la aireación, para deshacer cualquier protuberancia y prevenir la proliferación fúngica. La frecuencia de girado dependerá del método de fermentación.
29. Normalmente la fermentación dura entre 4 a 7 días, dependiendo también del método de fermentación. No obstante se recomienda que se evite la fermentación de más de 7 días ya que podría dar lugar a proliferación fúngica.

30. Se recomienda la fermentación para evitar el desarrollo de hongos ocratoxígenos y la producción de ocratoxina A porque el ácido acético, láctico y cítrico producido por bacterias durante la fermentación puede competir con estas especies no deseadas de hongos e inhibirlas. Investigación ha demostrado que la producción de OTA en los granos de cacao puede aumentar si la fermentación se lleva a cabo durante el secado en una esterilla de secado, y si la fermentación de los granos de cacao parcialmente con la pulpa se realiza también directamente en la esterilla de secado.

#### 4.5 PROCEDIMIENTO DE SECADO

31. Después de la fermentación se retirarán los granos de cacao y se distribuirán inmediatamente en superficies adecuadas para secarlos, preferiblemente directamente al sol. Si no se empieza a secarlos inmediatamente, los granos de cacao seguirán fermentando y el exceso de fermentación da lugar a la pérdida de aroma del cacao.
32. El procedimiento de secado puede hacerse al sol directamente o puede ser un secado artificial, o bien una combinación de ambos. Un contenido en humedad entre el 6%-8% de los granos de cacao es inocuo para evitar el desarrollo de microorganismos y bueno para el almacenamiento.
33. La zona de secado estará ubicada lejos de fuentes contaminantes y tendrá una exposición máxima al sol y circulación de aire durante la mayor parte del día, para acelerar el proceso de secado de los granos de cacao. Se evitarán las zonas con sombra.
34. En las regiones lluviosas o húmedas, los granos de cacao se cubrirán y redistribuirán una vez se haya secado la superficie. Debe asegurarse de que la superficie de secado esté limpia y lejos de fuentes de contaminación.
35. La capa de granos de cacao a secar no tendrá un espesor superior a 6 cm, lo cual corresponde a 40 kg de granos de cacao húmedo por metro cuadrado de zona de secado para evitar el secado lento o insuficiente que puede dar lugar al crecimiento de mohos.
36. La capa de granos de cacao se rastrillará regularmente durante el día para acelerar el secado y reducir el riesgo de proliferación de hongos (5-10 veces al día).
37. Durante el secado los granos de cacao se protegerán de la lluvia y el rocío. Durante la noche o cuando el tiempo sea lluvioso los granos de cacao se amontonarán y se cubrirán para evitar que se rehumedezcan.
38. En las distintas fases del secado no deben mezclarse granos de cacao. En cada fase de secado los granos se identificarán específicamente.
39. Debe evitarse que los granos de cacao se rehumedezcan porque con un nivel de humedad determinado superior al 8% puede desarrollarse rápidamente el micelio en los granos de cacao y la posibilidad de producción de OTA. Los granos de cacao mohosos se desecharán.
40. Durante el secado los granos de cacao se protegerán de los animales domésticos, que pueden ser una fuente de contaminación biológica.

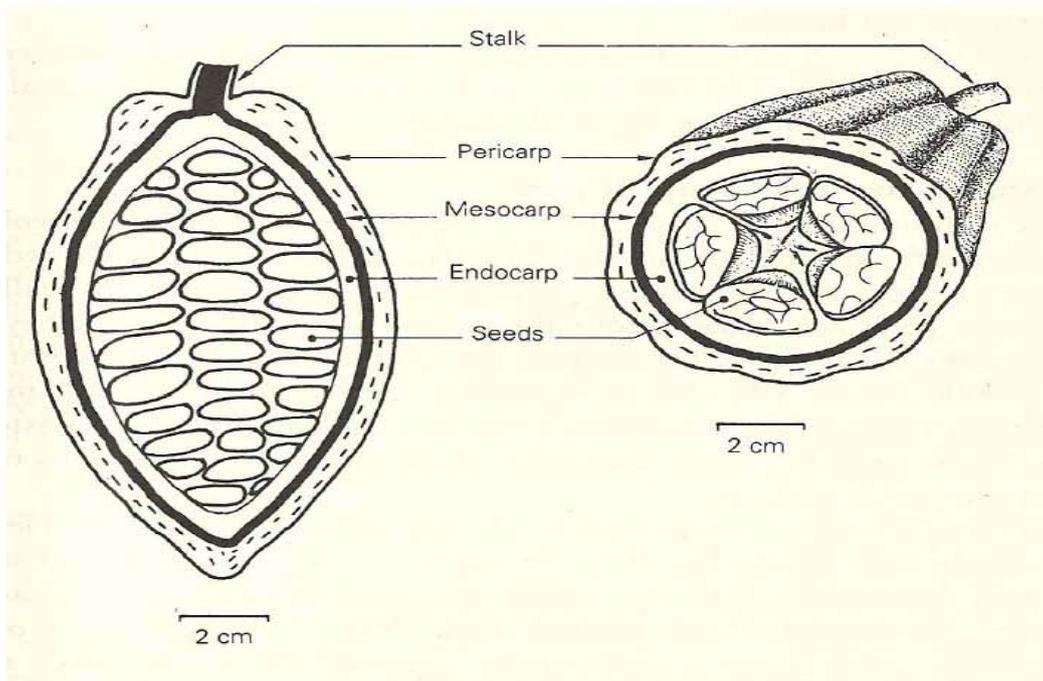
#### 4.6 ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y COMERCIALIZACIÓN DE GRANOS DE CACAO SECOS

41. Antes de almacenar los granos de cacao secos, deben clasificarse para eliminar los granos planos, marchitos, negros, mohosos, pequeños y/o amalgamados, con daños de insectos, etc.
42. Se asegurará de que las instalaciones y el equipo que estén relacionados con el procedimiento de clasificación se inspeccionan, mantienen y limpian con frecuencia, a fin de evitar daños a los granos de cacao que los hacen más susceptibles para la contaminación y el deterioro, y para prevenir la introducción de nueva contaminación y sustancias no deseadas.
43. Los granos de cacao secos que se almacenen se identificarán claramente por lotes, en la finca o en almacenes fuera de la finca, a granel o en costales limpios bajo condiciones adecuadas de almacenamiento.
44. Los granos de cacao se empaquetarán en costales limpios que sean suficientemente fuertes y estarán cerrados o sellados correctamente. Los costales estarán hechos de materiales no tóxicos, preferiblemente exentos de hidrocarburos de calidad alimentaria, que no atraigan insectos ni roedores y serán suficientemente fuertes para resistir períodos prolongados de almacenamiento.
45. El cacao en grano en costales se colocará en almacenes o cobertizos de almacenamiento, resistentes al mal tiempo, bien aireados, limpios, libres de humedad y plagas de insectos, y lejos del humo y otras sustancias odoríferas que puedan contaminarlo.
  - a) El diseño y la estructura de los almacenes o cobertizos de almacenamiento será adecuado para mantener la sequedad y uniformidad de los granos de cacao secos almacenados.
  - b) Los costales de cacao se colocarán en pallets y lejos de las paredes para permitir una buena circulación del aire.
  - c) Los granos de cacao almacenados no se expondrán directamente al sol ni se almacenarán cerca de fuentes de calor, a fin de evitar la posibilidad de que se produzcan diferencias de temperatura y migración del agua.
  - d) Se pondrán en práctica programas de limpieza y mantenimiento, y se garantizará que las instalaciones de almacenamiento se inspeccionan, limpian y arreglan con regularidad.

46. También se evitará durante todo el procedimiento que los granos de cacao se rehumedezcan, se degraden y que se produzca contaminación cruzada. En las condiciones de almacenamiento a largo plazo, la humedad se mantendrá bajo control estricto (menos del 70% de humedad relativa). Instalaciones de almacenamiento adecuadas, el uso de buenas prácticas de almacenamiento y supervisión regular pueden prevenir o reducir el crecimiento de mohos.
47. El contenido en humedad de los granos de cacao almacenados se comprobará periódicamente y se mantendrá por debajo del 8%.
48. Toda infestación se tratará con métodos de fumigación adecuados y autorizados. La documentación apropiada que acompañe a la carga indicará en términos claros y correctos los fumigantes y las cantidades utilizados.
49. El cacao se transportará en distintos medios desde las zonas de producción a los puntos de comercio. El principal aspecto de preocupación en este caso es evitar la rehumidificación de los granos de cacao, debido a posibles cambios climáticos entre distintas regiones, y adoptar las medidas de control necesarias.
50. El transporte de los granos de cacao requiere también la adopción de prácticas para evitar la rehumidificación, mantener la temperatura lo más uniforme posible y prevenir la contaminación por otras sustancias. Los requisitos principales en este caso son:
  - a) Cubrir las zonas de carga y descarga de los granos de cacao para protegerlos de la lluvia.
  - b) Antes de recibir una nueva carga, se limpiarán los residuos en los vehículos de la carga anterior.
  - c) Los vehículos tendrán suelo, paredes laterales y techo (en vehículos cerrados) y se comprobará la presencia de puntos donde se puedan canalizar a la carga de cacao humos de escape o agua de lluvia. El yute impermeable y los toldos de plástico utilizados para cubrir la carga se comprobarán también con regularidad para asegurarse de que están limpios y no tienen agujeros. Los vehículos se someterán a mantenimiento regular y se mantendrán en buenas condiciones.
  - d) Los comerciantes seleccionarán a los proveedores de servicios de transportes fiables que adopten las buenas prácticas recomendadas de transporte.

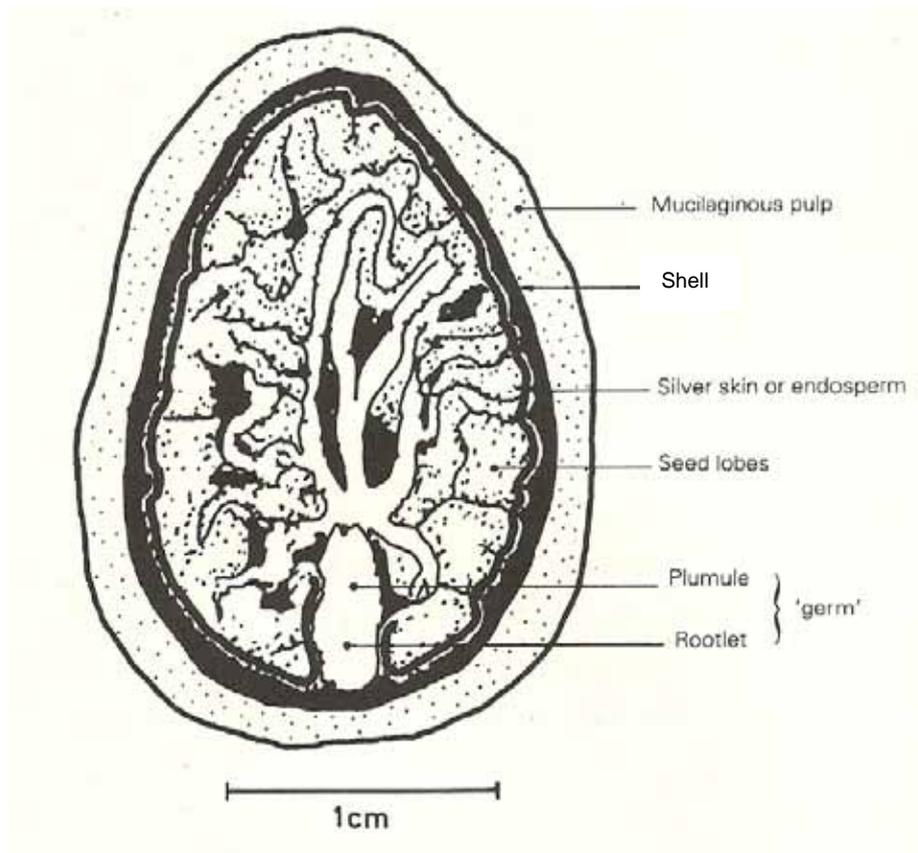
#### 4.7 TRANSPORTE EN BARCO

51. Los granos de cacao se transportan de países productores a países consumidores en costales o a granel, normalmente en contenedores de 18 a 22 toneladas de capacidad. Las fluctuaciones de la temperatura durante el transporte pueden provocar la condensación del agua restante (presente incluso en granos bien secos) y rehumidificación local. La redistribución del agua puede dar lugar a proliferación fúngica, con la posibilidad de producción de OTA. Las prácticas recomendadas durante el transporte en el puerto son:
  - a) Cubrir las zonas de carga y descarga del cacao para protegerlo de la lluvia.
  - b) Comprobar los lotes de cacao para asegurarse de que están secos uniformemente y el contenido en humedad es inferior al 8%, no tienen sustancias extrañas y cumplen con los niveles de defectos establecidos.
  - c) Comprobar los contenedores antes de cargarlos para asegurarse de que están limpios, secos y no tienen ningún daño estructural que pueda permitir la entrada de agua en el contenedor.
  - d) Los costales se apilarán bien y transversalmente para que sirvan de apoyo mutuo a fin de evitar la formación de columnas verticales vacías (chimeneas). La capa superior y los lados de costales se cubrirán con materiales que absorban el agua condensada, como gel de sílice o cartón para protegerlos del desarrollo de hongos que puedan producir OTA. Para el cacao a granel es conveniente utilizar un recubrimiento de plástico que pueda cerrarse (p.ej., grandes bolsas que permitan la aireación) y se mantendrá alejado del techo del contenedor.
  - e) Para guardar el cacao se elegirá un sitio apropiado, no expuesto directamente a las inclemencias del tiempo y a bordo del barco a fin de reducir la posibilidad de que se produzcan las citadas situaciones no deseables que pueden dar lugar a la contaminación de OTA.
  - f) Los agujeros de ventilación de los contenedores se mantendrán libres.
  - g) Se evitará el almacenamiento desprotegido en la cubierta (capa superior) y se almacenará lejos de calentadores y tanques calentados o mamparos.
  - h) El contenido en humedad no excederá del 8% en ningún sitio, desde el punto en que los granos de cacao dejen la zona de carga al punto en que el cacao se descargue, almacene y/o se someta a otros procedimientos de elaboración, como el tostado.



**Figura 1a.** Secciones longitudinales y transversales de una vaina de cacao (Mossu, 1992)

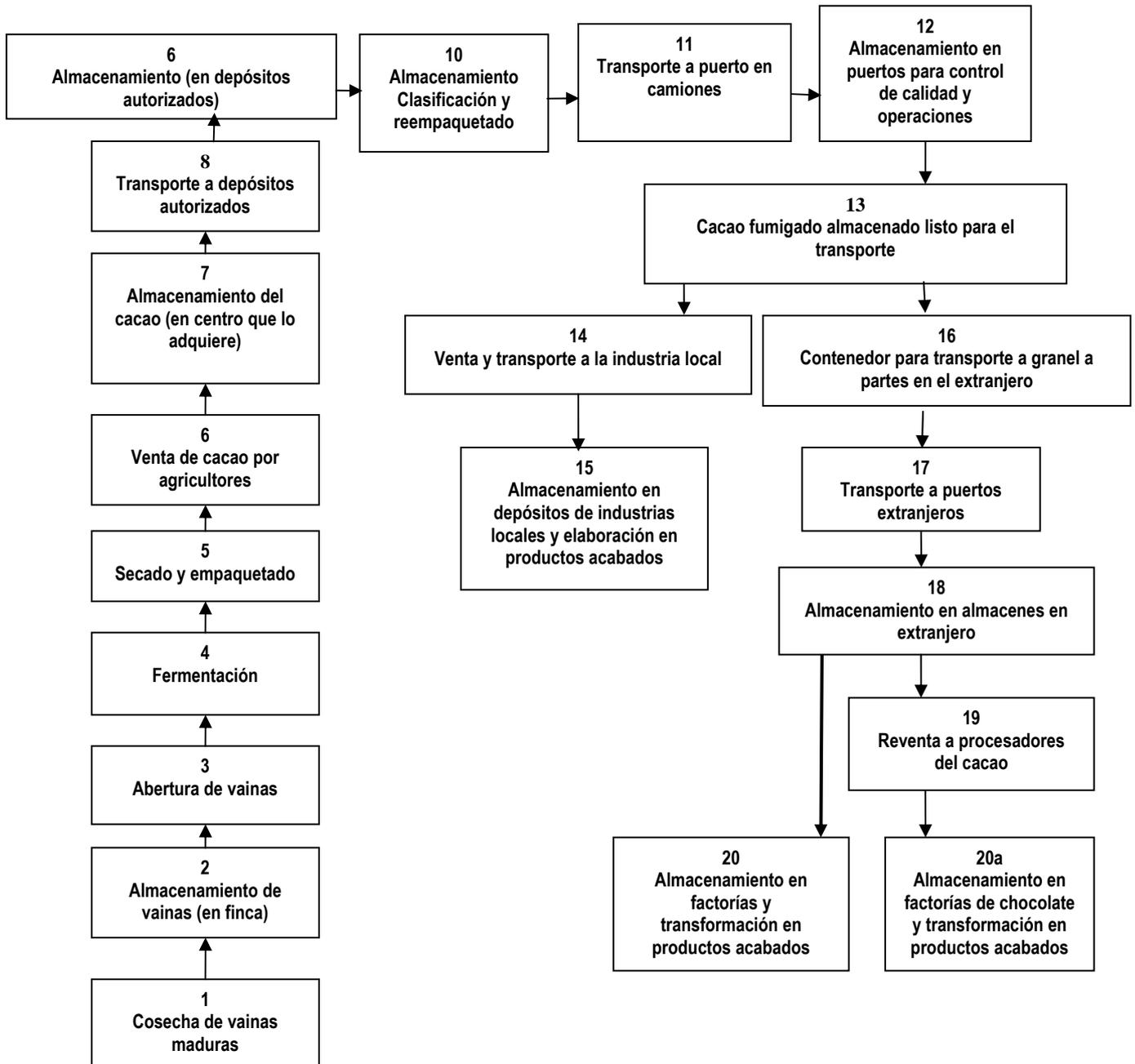
Stalk = peciolo, pericarp = pericarpio, mesocarp = mesocarpio, endocarp = endocarpio, seeds = semillas



**Figura 1b.** Sección longitudinal de una semilla de cacao (Mossu, 1992)

Mucilaginous pulp = pulpa mucilaginosa, shell = cáscara, silver skin or endosperm = testa o endosperma, seed lobes = cotiledones, germ = germen, plumule = plúmula, rootlet = radícula

**FIG. 2 CADENA DE VALOR DEL CACAO**



**LISTA DE MIEMBROS DEL GRUPO DE TRABAJO POR MEDIOS ELECTRÓNICOS SOBRE LA OTA****ARGENTINA**

Codex Contact Point  
 Email: [codex@minagri.gob.ar](mailto:codex@minagri.gob.ar)  
[codex@minagri.gob.ar](mailto:codex@minagri.gob.ar)

**BRAZIL**

Dr. Lígia Lindner **SCHREINER**  
 Expert on Regulation  
 Brazilian Health Surveillance Agency  
 General Office of Foods  
 Tel.: +55 61 3462 5399  
 Email: [ligia.schreiner@anvisa.gov.br](mailto:ligia.schreiner@anvisa.gov.br)

**CAMEROON**

Mr. Jean Martin **ETOUNDI**  
 Ingénieur Général des Techniques Industrielles  
 (Spécialiste de Nutrition des Technologies Alimentaires)  
 Secrétaire Technique du CNCOSAC,  
 Sous Directeur de la Promotion à l'ANOR  
 Tel.: 00 237 77 74 22 41 / 00 237 97 14 36 33  
 Tel/Fax: 00 237 22 30 61 26  
 B.P.: 8186 Yaoundé  
 Email: [etoundjme@yahoo.fr](mailto:etoundjme@yahoo.fr)

**COLOMBIA**

Norma S. **PERILLA**  
 Email: [nsperilla@micotox.com](mailto:nsperilla@micotox.com)

**COSTA RICA**

María Elena **AGUILAR**  
 Technical Secretariat, Codex in Costa Rica  
 Tel.: (506) 2233-6922  
 Email: [maquilar@ministeriodesalud.go.cr](mailto:maquilar@ministeriodesalud.go.cr)

Albino **RODRIGUEZ**  
 Technical Secretariat of the Codex in Costa Rica  
 Tel.: (506) 2233-6922  
 Email: [arodriguez@icafe.cr](mailto:arodriguez@icafe.cr)

**COTE D'IVOIRE**

Prof. Ardjouma **DEMBELE**  
 Email: [ardjouma@yahoo.fr](mailto:ardjouma@yahoo.fr)

**EU**

Mr. Frans **VERSTRAETE**  
 European Commission  
 Health and Consumers Directorate-General  
 Tel.: ++32 - 2 - 295 63 59  
 Email: [frans.verstraete@ec.europa.eu](mailto:frans.verstraete@ec.europa.eu)  
[codex@ec.europa.eu](mailto:codex@ec.europa.eu)

**GHANA**

Dr. Jemmy **TAKRAMA**  
 Principal Research Officer  
 Cocoa Research Institute of Ghana  
 Physiology and Biochemistry, Postbox 8  
 Tafo-Akim  
 GHANA  
 Tel.: +233 2541395936  
 Email: [takramax@yahoo.com](mailto:takramax@yahoo.com)

Dr. Kafui **KPODO**  
 Deputy Director  
 Food Research Institute  
 Council for Scientific & Industrial Research  
 P.O. Box M 20  
 Accra  
 GHANA  
 Tel.: +233 244 650 635  
 Email: [kafui@kpodo.net](mailto:kafui@kpodo.net)

Mr. Ebenezer Kofi **ESSEL**  
 Head, Food Inspectorate Department  
 Food and Drugs Board  
 Food Division  
 P.O. Box CT 2783 Cantonments  
 Accra  
 GHANA  
 Tel.: +23324465594 3  
 Email: [kooduntu@yahoo.co.uk](mailto:kooduntu@yahoo.co.uk)

**JAPAN**

Mr. Wataru **IIZUKA**  
 Section Chief  
 Standards and Evaluation Division  
 Department of Food Safety  
 Ministry of Health, Labour and Welfare  
 1-2-2 Kasumigaseki Chiyoda-ku, Tokyo 100-8916, JAPAN  
 Email: [codexj@mhlw.go.jp](mailto:codexj@mhlw.go.jp)

Dr. Yoshiko **SUGITA-KONISHI**  
 Director  
 Division of microbiology  
 National Institute of Health Sciences  
 1-18-1 Kamiyoga, Setagaya-ku, Tokyo 158-8501, JAPAN  
 Email: [ykonishi@nihs.go.jp](mailto:ykonishi@nihs.go.jp)

**MALAYSIA**

Ms. Fauziah **ARSHAD**  
 Deputy Director  
 Standard and Codex Branch  
 Food Safety and Quality Division  
 Ministry of Health Malaysia  
 Tel.: +60388850794  
 Email: [fauziaharshad@moh.gov.my](mailto:fauziaharshad@moh.gov.my)

Ms. Raizawanis Abdul **RAHMAN**  
 Senior Assistant Director  
 Contaminant Section  
 Food Safety and Quality Division  
 Ministry of Health Malaysia  
 Tel.: +60388850783  
 Email: [raizawanis@moh.gov.my](mailto:raizawanis@moh.gov.my)  
[ccp\\_malaysia@moh.gov.my](mailto:ccp_malaysia@moh.gov.my)

#### **NIGERIA**

Standards Organisation of Nigeria  
 No. 52 Lome Crescent,  
 Wuse Zone 7, Wuse  
 Abuja, Nigeria  
 Tel.: +2348057346449, +2348097594024  
 Email: [sonnis\\_ng@yahoo.com](mailto:sonnis_ng@yahoo.com)

Dr. Nkechinyere Lelia **DONGO**  
 Head, Crop Protection Division,  
 Cocoa Research Institute of Nigeria,  
 Ibadan, Nigeria.  
 Tel.: – 23480345495  
 Email – [leliadongo@yahoo.co.uk](mailto:leliadongo@yahoo.co.uk)

#### **PHILIPPINES**

Lydia **MARTINEZ**  
 NCO Technical Committee  
 NCO Sub-committee on Contaminants in Foods  
 Food Consultant: foundation for Research linkage and Development  
 Telefax:+6328993990  
 Email: [Lydia.martinez@gmail.com](mailto:Lydia.martinez@gmail.com)

#### **THAILAND**

Mr. Pisan Pongsapitch  
 Director, Office of Commodity and System Standard,  
 National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards,  
 50 Phaholyothin Road, Ladyao, Chatuchak,  
 Bangkok 10900 Thailand  
 Tel.: (+662) 561 2277  
 Fax: (+662) 561 3357, (+662) 561 3373  
 Email: [codex@acfs.go.th](mailto:codex@acfs.go.th)

#### **UK**

Elli **AMANATIDOU**  
 Higher Scientific Officer  
 Chemical Safety Division (CSD), Mycotoxins  
 Food Standards Agency  
 Aviation House, 125 Kingsway, London, WC2B 6NH  
 Tel.: 020 7276 8322  
 Email: [www.food.gov.uk](http://www.food.gov.uk)  
[Mycotoxins@foodstandards.gsi.gov.uk](mailto:Mycotoxins@foodstandards.gsi.gov.uk)

#### **USA**

Dr. Garnett E. **WOOD**  
 Office of Food Safety, HFS-317  
 Center for Food Safety and Applied Nutrition  
 Food and Drug Administration  
 5100 Paint Branch Parkway  
 College Park, MD 20740  
 Tel.: 240-402-1942  
 Email: [garnett.wood@fda.hhs.gov](mailto:garnett.wood@fda.hhs.gov)

#### **ICA**

Pénélope ALEXANDRE  
 Regulatory & scientific Affairs director  
 Association of the Chocolate, Biscuit & Confectionery Industries of  
 Europe  
 1 rue Defacqz  
 1000 Brussels  
 Tel.:+3225391800  
 Fax:+ 32 2 5391575  
 Email: [penelope.alexandre@caobisco.be](mailto:penelope.alexandre@caobisco.be)