



## Relación entre las buenas prácticas de higiene y la ocurrencia de ocratoxina A en café (*Coffea arabica* L.) orgánico de las principales zonas cafetaleras del Perú

### Relationship between good hygiene practices and ochratoxin A in organic coffee (*Coffea arabica* L.) from the main coffee regions in Peru

Alejandra Díaz Rodríguez<sup>1</sup>; Marcial Ibo Silva Jaimes<sup>2,\*</sup>; Juan Carlos Dávila Romero<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Especialista internacional en Sanidad Agropecuaria e Inocuidad de los Alimentos del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) en Sanidad Agropecuaria e Inocuidad de los Alimentos, Costa Rica.

<sup>2</sup> Profesor Principal del Departamento de Ingeniería de Alimentos y Productos Agropecuarios, Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

<sup>3</sup> Gerente de Operaciones de Perú Phoenix Trading SAC y miembro del Comité Técnico de Normalización de Café (INACAL), Perú.

Received September 24, 2017. Accepted March 18, 2018.

#### Resumen

Se evaluó la relación de ocratoxina A (OTA) con las buenas prácticas de higiene (BPH) en establecimientos cafetaleros en Amazonas-Cajamarca, Cusco, Junín, Puno y San Martín, utilizando muestras de café pergamino (*Coffea arabica* L.). El cumplimiento de las BPH se verificó mediante la evaluación sanitaria a los establecimientos, usando un formato basado en el Codex Alimentarius y la legislación nacional. El análisis de OTA se realizó por el método fluorométrico. La humedad fue analizada de acuerdo a la Norma Técnica Peruana. El cumplimiento de las BPH no presentó diferencias estadísticamente significativas, con un promedio general de 68,1%, siendo la zona de Puno la de mejor desempeño numérico (70,3%). La humedad según zonas cafetaleras no muestra diferencias significativas ( $p = 0,759$ ), siendo menor a los estándares internacionales (11,5 %). Altos niveles de OTA se asociaron a cafés con mayor contenido de humedad ( $p = 0,023$ ), siendo significativamente mayor ( $p = 0,009$ ) en las muestras con humedad por encima del límite establecido por la norma. Se encontró una correlación altamente significativa ( $p = 0,003$ ) entre la aplicación de las BPH y el contenido de OTA que indica que, a mayor cumplimiento de las BPH, se cuenta con menores niveles de OTA.

**Palabras clave:** café; ocratoxina A; humedad; buenas prácticas de higiene; calidad.

#### Abstract

The relationship of ochratoxin A (OTA) with good hygiene practices (BPH) in coffee plantations in Amazonas-Cajamarca, Cusco, Junin, Puno and San Martin was evaluated, using samples of parchment coffee (*Coffea arabica* L.) from the main processing and storage plants. Fulfillment of good hygiene practices (GHP) were verified through the sanitary evaluation of the coffee storage places, based on a checklist with all the requisites based in the Codex Alimentarius and the national regulation. OTA were analyzed using the fluorometric method. Moisture level were measured using the Peruvian Technical Guidelines. Fulfillment level of the good hygiene practices registered statistically equal values with an average of 68.1% being Puno the region with the best numeric register (70.3%). Moisture in the producing areas did not show statistically differences ( $p = 0.759$ ), being lower compared with the international standards (11.5% vs 12.5%, respectively). It was found that higher OTA levels are associated with coffee with higher moisture contents ( $p = 0.023$ ), being significantly higher in samples with moisture above the national and international regulation. Also, were found a negative correlation ( $p = 0.003$ ) between the good hygiene practices and OTA which links the higher fulfillment of the hygiene guidelines with lower occurrence of mycotoxins.

**Keywords:** coffee; ochratoxin A; moisture; good hygiene practices; quality.

\* Corresponding author  
E-mail: [misilva@lamolina.edu.pe](mailto:misilva@lamolina.edu.pe) (M. Silva).

## 1. Introducción

En la actualidad, el café es la bebida más conocida a nivel mundial después del agua, y una de las materias primas más importantes en el mercado internacional (Barbin et al., 2014). De hecho, el café es el segundo producto del mercado internacional después del petróleo (Lee et al., 2015).

La planta de café o cafeto, crece bien en áreas tropicales sin grandes variaciones ambientales (Piyapromdee et al., 2014), principalmente en el área comprendida entre las latitudes 25° norte y 25° sur, en el conocido cinturón del café (Narita e Inouye, 2014). La especie arábica es más apreciada a nivel comercial debido a un sabor más fino y delicado que la robusta (Barbin et al., 2014).

La producción y exportación de café peruano de la especie arábica ha mantenido un crecimiento significativo en los últimos años, aun en épocas con un entorno mundial de precios bajos, aumentando la participación del país en el mercado internacional. En el 2014 se exportaron 237 mil toneladas que representaron US\$ 695900 millones (Banco Mundial, 2016). El comercio del café comienza con los pequeños agricultores y hasta el consumidor final pasa por diferentes etapas (Piyapromdee et al., 2014). La mayoría de las plantaciones pertenecen a pequeños agricultores, proveyendo una importante fuente de empleo y desarrollo local en las regiones productoras (Bicho et al., 2013).

En los últimos años, productores de las zonas tropicales se están interesando en la certificación de calidad para la comercialización de este alimento; en estos momentos, el 38% de la producción mundial cuenta con algún certificado de calidad (Tscharntke et al., 2015). Muchos de los pequeños cafetaleros, organizados en Cooperativas y Asociaciones poseen certificaciones como la Certificación Orgánica, Comercio Justo, entre otros que los hacen más competitivos en el mercado internacional (Dávila et al., 2012).

Los hongos y otros organismos similares causan serias y a veces intratables enfermedades en humanos y animales; además dan pérdidas económicas por infección de plantas y desvalorización comercial (Thornton et al., 2015). Una vez cosechada y procesada los elementos extraños que más preocupación generan, respecto a la salud de los consumidores, son los restos de micotoxinas entre las que destaca la ocratoxina A (OTA) producida por hongos del género *Aspergillus*,

principalmente de la especie *Aspergillus ochraceus* (Taniwaki et al., 2003; Frisvad et al., 2004; Gil-Serna et al., 2011) y por la especie *Penicillium verrucosum* (Rhouati et al., 2013). La población en general espera tener una alimentación cada vez más sana y segura, con alimentos inocuos y nutritivos. Desafortunadamente, antes durante y después de la cosecha, las materias primas y los productos procesados están sometidos a la contaminación por microorganismos y, en consecuencia, por sus metabolitos secundarios, como las micotoxinas. El café es uno de estos productos (García, 2016). En estudios realizados en Filipinas, los granos de café defectuosos llegan a ser consumidos localmente mas no forman parte de la oferta comercial, debido a que reducen la calidad del café (Barcelo et al., 2017).

La OTA es una toxina renal carcinógena, teratógena, inmunotóxica y que puede ser también genotóxica (Frank, 1999). Es una molécula estable que no se destruye bajo condiciones normales de cocción, tostado y fermentación (Rhouati et al., 2013). Actualmente, la Unión Europea, a la cual se destina más del 50% de las exportaciones de café orgánico del país, cuenta con un reglamento que establece un valor máximo de 5 µg/kg (ppb) para el café tostado y 10 µg/kg (ppb) para el café soluble (Reglamento CE, 2005). Si bien no se cuenta con límites para el café verde, este sigue pendiente de estudio. A nivel internacional, el Codex Alimentarius ha establecido el “Código de prácticas para prevenir y reducir la contaminación de Ocratoxina A en el café” en el 2009, a través del cual se establecen directrices internacionales para prevenir y reducir la contaminación de OTA en el café. Métodos de detección rápida y precisa son propuestos para la identificación de cualitativa y cuantitativa de OTA, entre los cuales se tiene el método fluorométrico Vicam (2015), la espectroscopia infraroja (Taradolsirithitikul et al., 2017), entre otros. El origen de la OTA está relacionada a los factores intrínsecos y extrínsecos que afectan el metabolismo de los hongos responsables de su producción. Entre los factores determinantes se cuentan a factores como la temperatura, humedad y las condiciones de manipulación y almacenamiento del producto (Yao et al., 2015). Tomando en consideración que la OTA se produce cuando están presentes las condiciones de actividad del agua, nutrición y temperatura necesarias para el crecimiento y la biosíntesis (Codex

*Alimentarius*, 2009) de forma que el café debe protegerse de la humedad durante todas las etapas de la cadena mediante la aplicación de buenas prácticas. Viani (2002) afirma que es posible reducir hasta en un 90% la ocurrencia de OTA en el proceso de conversión de café verde a tostado y en bebida, a través de la limpieza y clasificación del café. Por ello, el objetivo de la presente investigación es evaluar el contenido de humedad, las buenas prácticas de higiene (BPH) y las posibles correlaciones de estos factores con la incidencia de OTA en muestras de café orgánico de las principales zonas cafetaleras del Perú.

## 2. Materiales y métodos

Las muestras de café, con certificación orgánica, fueron tomadas en plantas de beneficio y centros de acopio asociados a la Junta Nacional de Café que contaban con materia prima en el momento de realizar la investigación, de las zonas de Cusco, Junín, Puno, Amazonas-Cajamarca y San Martín, que representan el 74% de la superficie de café cultivado en el país. Se realizó una evaluación sanitaria a las instalaciones con el propósito de determinar el nivel del cumplimiento de las buenas prácticas de higiene (BPH) y el impacto de estas prácticas en el nivel de la OTA. Para ello, se elaboró un formato de evaluación sanitaria (Anexos 1 y 2) tomando como base la norma del *Codex Alimentarius* (2003), así como la legislación nacional. Este formato permitió determinar el Perfil sanitario (Perfil de BPH), que se define como la expresión cuantitativa de la evaluación sanitaria, siendo una herramienta que permite cuantificar el nivel de cumplimiento de los requisitos de higiene en las instalaciones evaluadas y ayuda a visualizar los campos en los que se requieren acciones prioritarias para mejorar la inocuidad y la calidad del café (Romero, 2001; Ichikawa y Díaz, 2002). Comparando el puntaje obtenido con el puntaje máximo (270 puntos en total), se calculó el porcentaje de cumplimiento de cada requisito. Para cada establecimiento de café se determinó el porcentaje global de cumplimiento de las buenas prácticas de higiene. En cada uno de los establecimientos se tomaron muestras de acuerdo a la NTP - ISO 3509 (INACAL, 2017a) definidas como granos de café (*Coffea arabica* L.) en pergamino. La toma de muestra se realizó de acuerdo a la NTP - ISO 4072 (INACAL, 2017b), que consiste en la obtención aleatoria de incrementos de 30 g  $\pm$  6 g, de sacos individuales de diferentes

ubicaciones, utilizando la pluma de café. Los incrementos de cada saco fueron homogéneos y obtenidos al menos de tres puntos diferentes, hasta completar una muestra total de 1500 g por lote. De cada muestra total se separaron submuestras para el laboratorio en una cantidad no menor a 300 g. Todas fueron envasadas, selladas debidamente para protegerlas de la humedad o cualquier otra alteración, rotuladas y remitidas al laboratorio de la Cámara Peruana de Café y Cacao donde se hicieron las determinaciones de la humedad y la OTA. La medición de la humedad se llevó a cabo mediante el equipo Multi Grain marca Dickey-John, basado en la determinación de la constante dieléctrica, calibrado según el método de la NTP-ISO 6673 (INACAL, 2017c). El análisis de la ocratoxina A se realizó a través del método fluorimétrico (Vicam, 2015). Se prepararon muestras mezclándolas con una solución de extracción, homogenizándolas y filtrándolas. El extracto se aplicó después a una columna de Ochrates, la cual contenía anticuerpos específicos para la ocratoxina A. En esta fase la ocratoxina se ligó a los anticuerpos de la columna. La columna se enjuagó con agua para librarla de impurezas. Después, eluyendo una solución Ochrates a través de la columna, la ocratoxina fue removida de los anticuerpos. Esta solución eluida fue medida en el fluorímetro (para detección de Ocratoxina. Modelo: V1 Serie 4, Marca VICAM). El estudio fue planteado a través de un Diseño Completamente al Azar, donde cada planta de beneficio y centros de acopio de café orgánico, fue considerado una unidad experimental. Dada cierta uniformidad en la HR, la temperatura y las condiciones climáticas y geográficas, cada una de las 5 regiones tomadas en cuenta, fueron consideradas como tratamientos. Estas regiones guardan las condiciones climáticas adecuadas para el cultivo de café, con temperaturas que oscilan entre 18 y 22 °C y un rango amplio de precipitación (1000 y 3000 mm anuales). Las determinaciones se hicieron con un mínimo de tres repeticiones por cada unidad experimental. Se aplicó el análisis de varianza (ANVA) con un nivel de significancia del 5%. Las variables dependientes para el ANVA fueron el Perfil de BPH, el contenido de humedad y la concentración de ocratoxina A (OTA). Las asociaciones entre OTA - BPH y OTA - contenido de humedad se determinaron utilizando correlaciones de Pearson. Los análisis estadísticos se realizaron mediante el Programa MINITAB versión 16 (Minitab Inc, 2010).

### 3. Resultados y discusión

#### Perfil de BPH

No existen diferencias estadísticamente significativas entre el BPH de las zonas cafetaleras (Tabla 1). El nivel de cumplimiento de las buenas prácticas de higiene en las instalaciones donde se tomaron las muestras de café presentaron un promedio de 68,1%, esto significa un cumplimiento por encima del 50% de las disposiciones establecidas para asegurar la inocuidad de los alimentos, de acuerdo a la normativa internacional. Los procesos de calidad son necesarios para minimizar la exposición a micotoxinas (Bueno et al., 2015). La aplicación de las buenas prácticas de higiene permite al productor operar dentro de condiciones ambientales favorables para producción de alimentos inocuos (Codex Alimentarius, 2009). El mayor cumplimiento de requisitos se registró en los establecimientos evaluados en Puno (70,3 ± 3,6) y valores más bajos fueron los de Amazonas-Cajamarca (66,0 ± 4,0).

#### Contenido de humedad

La humedad mantuvo una humedad promedio de 11,5% (Tabla 2), el cual se encuentra dentro del margen según la normativa nacional e internacional de 12,5%. A nivel mundial, el contenido máximo de humedad para el café de exportación según lo define la Organización Internacional del Café (OIC) es de 12,5%. A nivel del país, la norma peruana establece para todos los grados de calidad una humedad mínima de 10% y máxima de 12,5%. La NTP 209.027:2001 (INACAL, 2017d) establece como rangos de humedad aceptables valores entre 10% y 12,5%. Las muestras de San Martín presentaron los menores valores (9,5 ± 2,4), seguida de Junín (10,9 ± 0,5) y Cusco (11,3 ± 0,5), manteniéndose dentro de lo recomendado por la norma. Por otra parte, las muestras de Puno (12,5 ± 0,8) y Amazonas-Cajamarca (11,9 ± 1,0) se

ubicaron en valores de humedad que ponen en riesgo la inocuidad de la materia prima, si se considera que los promedios están afectados por su respectiva desviación estándar, pudiendo exceder los valores recomendados para evitar la aparición de hongos micotoxigénicos.

Los resultados encontrados son de especial importancia para el café peruano, si tomamos en cuenta que el contenido de humedad y la actividad del agua ( $A_w$ ) son los factores más importantes que repercuten en la formación de hongos (Codex Alimentarius, 2008). De este modo, siendo el contenido de humedad el principal parámetro para ponderar la posibilidad de almacenar el café y como parte importante de la evaluación del estado de un lote de café, se puede considerar que el café producido bajo las normas orgánicas en el país en las diferentes zonas cafetaleras mantiene una humedad promedio acorde a la normativa nacional e internacional, con ligera variación de una zona a otra, pero que estadísticamente no es significativa, limitando condiciones para que crezcan los hongos productores de OTA.

Es importante señalar que la agricultura orgánica es un sistema holístico de gestión de la producción que fomenta y mejora la salud del agroecosistema, y en particular la biodiversidad, los ciclos biológicos, y la actividad biológica del suelo (Codex Alimentarius, 2013). Para su verificación, se cuenta con sistemas de inspección y certificación que permiten garantizar que los productos orgánicos cumplen con ciertos requisitos a nivel de la producción y las etapas de preparación, almacenamiento, transporte, etiquetado y comercialización. De esta forma, los productores que cuentan con alguna certificación orgánica manejan un sistema de control interno, por lo que se podría esperar una menor probabilidad de encontrar OTA.

**Tabla 1**

Perfil de BPH de los centros de acopio de café, según zonas de producción

Muestra	Buenas prácticas de higiene (%)				
	Amazonas-Cajamarca	Cusco	Junín	Puno	San Martín
1	60	62	71	75	66
2	70	70	72	68	72
3	70	70	66	68	66
4	60	70		68	
5	66	68		75	
6	66			68	
7	68				
8	68				
Promedio*	66,0a	68,0a	69,7a	70,3a	68,0a
DE**	4,0	3,5	3,2	3,6	3,5

\* Letras diferentes denotan diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ) para la comparación de medias mediante mínimos cuadrados. \*\*DE: desviación estándar.

**Tabla 2**

Contenido de humedad del café verde, según zona de producción (promedio de tres repeticiones por cada unidad experimental) de acuerdo a la NTP-ISO 6673

Muestra	Humedad				
	Amazonas-Cajamarca	Cusco	Junín	Puno	San Martín
1	10,5	10,8	10,3	12,1	7,2
2	12,3	11,1	11,3	12,4	9,2
3	11,0	11,5	11,0	13,3	12,0
4	11,6	11,2		13,5	
5	11,8	12,0		12,0	
6	14,0			11,5	
7	12,0				
8	11,8				
Promedio*	11,9ab	11,3b	10,9b	12,5ab	9,5bc
DE	1,0	0,5	0,5	0,8	2,4

\*Promedio con letras diferentes denotan diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ) por el método de mínimos cuadrados. \*\*DE: desviación estándar.

### Ocratoxina A

El valor promedio de OTA encontrado en las muestras de café analizado por el método fluorimétrico usando columnas Ochrates fue de 1,46 ppb (Tabla 3). Se encontraron diferencias significativas en el nivel de OTA según zonas ( $p = 0,127$ ), siendo las muestras de Junín las de menor presencia de la micotoxina ( $0,67 \pm 1,15$ ) mientras que se registró una alta variabilidad en las muestras de Cusco ( $2,20 \pm 4,92$ ) y San Martín ( $2,20 \pm 2,42$ ). Las ocratoxinas forman uno de los grupos de micotoxinas más importantes para el hombre (Malir et al., 2013) de los cuales la más abundante es la OTA, pudiendo ser producidas por los hongos entre  $12 - 40^\circ\text{C}$ , aunque el óptimo de temperaturas oscila entre  $24 - 28^\circ\text{C}$  (Chiewchan et al., 2015).

### Correlación entre la ocratoxina A y el contenido de humedad del café

En la Figura 1 se puede observar que existe una correlación débil ( $R = -0,172$ ), indicando que, para los niveles de humedad de las muestras de café analizado, se puede demostrar una menor cantidad de ocratoxina en las muestras con menor contenido de humedad, pero que esta dependencia causa-efecto es estadísticamente no significativa ( $p = 0,411$ ). Según se conoce, la producción de OTA aparece durante el crecimiento de la planta, siembra, almacenamiento o procesado (Rhouati et al., 2013), es decir en condiciones elevadas de humedad, cuando las especies *Aspergillus ochraceus* y *Penicillium verrucosum* han tenido la oportunidad de crecer y producir la toxina. Luego que la toxina ha sido producida y el contenido de humedad del café ha alcanzado valores inferiores al 12%, tanto el crecimiento fúngico como la producción de la toxina se ven paralizadas. Las muestras que fueron analizadas contienen entre 9,2 a 14% de humedad, por lo que el

crecimiento fúngico, tras el secado, es muy lento o simplemente inexistente, por lo que el contenido de OTA hallado, sería el correspondiente a la etapa previa a la obtención del café pergamino. De alguna manera, los valores más bajos de OTA se corresponden con valores de humedad menores a 12%, sea porque dicha humedad fue alcanzada rápidamente sea porque se mantuvieron de manera más estricta. Se podría demostrar la alta dependencia del contenido de humedad con la producción de OTA almacenando muestras con contenidos de humedad entre 10 a 20%, que no fue el caso para las muestras que fueron muestreadas y analizadas, además se debe considerar que su producción está relacionada con la temperatura y actividad de agua, aunque existen fluctuaciones impredecibles.

Estas observaciones son congruentes con las afirmaciones de la FAO (2006) quienes indican que la acumulación de OTA en el café depende de ciertas condiciones básicas, debe haber una población activa de hongos productores de OTA y tiempo adecuado, a una actividad de agua que permita el crecimiento de estos hongos y la producción de la toxina. El contenido de humedad máximo aceptable (12% y 13% de nivel de humedad para el pergamino y el café en cereza secos) protege el café del crecimiento de mohos productores de OTA e incluye un considerable margen de seguridad. Esta afirmación se basa en el estudio de la relación entre la actividad del agua y el nivel de humedad, incluido en más de 2,000 muestras de fuentes diversas, lo que revela que el contenido de humedad de la cereza de robusta y del pergamino de arábica de alrededor del 18% y 16%, respectivamente, corresponde a una actividad del agua promedio de 0,76, que es el mínimo necesario para que se desarrollen los organismos productores de OTA.

**Tabla 3**

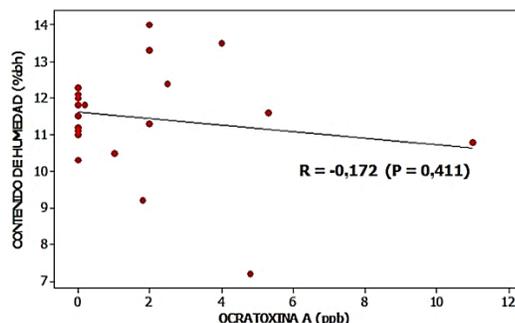
Ocratoxina A según en muestras de café verde, zona de producción (promedio de tres repeticiones por cada unidad experimental)

Muestra	Ocratoxina				
	Amazonas-Cajamarca	Cusco	Junín	Puno	San Martín
1	1,00	11,00	0,00	0,00	4,80
2	0,00	0,00	2,00	2,50	1,80
3	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00
4	5,30	0,00		4,00	
5	0,19	0,00		0,00	
6	2,00			0,00	
7	0,00				
8	0,00				
Promedio*	1,06abc	2,20ab	0,67d	1,42bc	2,20ab
DE**	1,86	4,92	1,15	1,69	2,42

\*Promedio con letras diferentes denotan diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) por el método de mínimos cuadrados. \*\*DE: desviación estándar.

Según Tanikawi (2006) la contaminación con OTA en el café es un problema que se presenta sobre todo después de la cosecha, indicando como etapa crítica el secado donde se dan las condiciones más favorables para el desarrollo de *A. ochraceus*, es decir, además de la temperatura y la alta humedad, el tiempo que toma la eliminación de humedad de los granos, manteniéndose, en este periodo, una actividad de agua crítica, alrededor del 0,8. Luego, durante la manipulación postcosecha del café, la mejor forma de evitar este problema es ejerciendo un control adecuado de la humedad del café que evitaría el crecimiento fúngico y la contaminación por micotoxinas.

Es necesario enfatizar en la importancia de realizar un adecuado control de la humedad del café en la cadena de producción y comercialización para limitar el desarrollo de hongos productores de OTA, práctica que también tiene incidencia directa en la conservación de las propiedades organolépticas del café. Al no ser fácilmente eliminables por el cocinado doméstico, es importante reducir al máximo la humedad para evitar la presencia de mohos y evitar que se produzcan las micotoxinas (Chiewchan et al., 2015; Milani y Maleki, 2014).



**Figura 1.** Relación entre el contenido de humedad (%) y los niveles de ocratoxina A (ppb) en la producción de café orgánico (n=3).

Resultados obtenidos por Benites y Leitão (2017) demuestran la importancia del monitoreo y evaluación de los niveles de OTA en el café, dado que la micotoxina está ampliamente distribuida y las medidas de prevención disponibles no aseguran la prevención de la contaminación del grano. Evaluando los resultados de la investigación de acuerdo al contenido máximo de humedad establecido por la normativa nacional (12,5%) según la NTP 209.027:2001 (INACAL, 2017d), se encontró niveles significativamente mayores de OTA en cafés que cuentan con humedad por encima de 12.5% ( $p = 0,009$ ). La media de OTA en café con humedad mayor a 12,5 % fue de 2,85 ppb, en tanto que la OTA en café de hasta 12,5 % fue de 1,12 ppb. En consecuencia, si se mantuviera este nivel de humedad en los granos (12,5 %), no debería existir riesgo significativo de contaminación por OTA en el café.

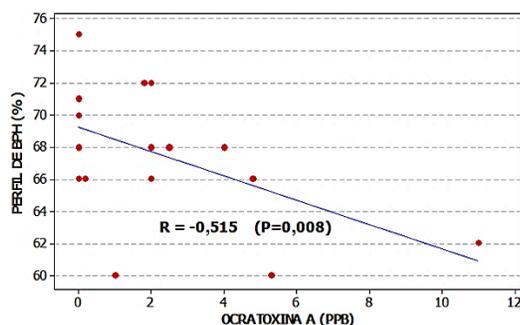
Correlación entre el perfil de BPH y el contenido de ocratoxina A del café

La Figura 2 presenta la relación entre el cumplimiento de las normas de higiene y la ocurrencia de micotoxina según las zonas de producción evaluadas. Se encontró una correlación  $R = -0,515$  que demuestra una buena asociación de causalidad entre el perfil de BPH y la producción de OTA ( $p = 0,008$ ). En términos generales el manejo de las condiciones higiénico sanitarias del café desde su recepción hasta la obtención de los granos en pergamino, influyen significativamente en la presencia de los hongos micotoxigénicos productores de OTA. Se observa que la mayor rigurosidad en la aplicación de las buenas prácticas de higiene, que involucra una manipulación adecuada de los granos, control de la humedad, adecuado almacenamiento, entre otros aspectos (mayores valores en el índice de las BPH) se corresponden con un café con menores niveles de OTA.

El *Codex Alimentarius* (2009) señala que unas instalaciones de almacenamiento adecuadas, el uso de buenas prácticas de almacenamiento y una vigilancia constante pueden prevenir o reducir los problemas de OTA.

En este contexto, existe un consenso general de que el enfoque de toda actividad orientada a reducir la contaminación por OTA en el café debe ser la aplicación de buenas prácticas de higiene a través de toda la cadena del café, a fin de prevenir la formación de OTA desde la producción primaria.

La investigación demostró la importancia de la aplicación de estrategias de prevención en la cadena de café, de manera global, para combatir la OTA. En todo caso, la aplicación de las normas de producción orgánica propicia también el cumplimiento de las buenas prácticas de higiene, que promueven prácticas que reducen directa o indirectamente la presencia de hongos productores de OTA. Estudios de Barcelo y Barcelo (2017) sugieren que las prácticas post cosecha deben enfocarse en la remoción de los granos de café defectuosos durante todas las etapas del procesamiento, a la par de reducir el contenido de humedad durante el secado.



**Figura 2.** Correlación entre el Perfil de BPH (%) y los niveles de ocratoxina A (ppb) en el café orgánico según regiones productoras.

#### 4. Conclusión

El cumplimiento de las buenas prácticas de higiene a nivel de las zonas cafetaleras es de 68,1%, mientras que la humedad del café producido orgánicamente presenta valores promedio de 11,5%. Se encontraron diferencias significativas en el nivel de OTA según zonas ( $p = 0,127$ ), siendo las muestras de Junín las de menor presencia de la micotoxina ( $0,67 \pm 1,15$ ) mientras que se registró una alta variabilidad en las muestras de Cusco ( $2,20 \pm 4,92$ ). Se encontró una baja correlación entre la humedad y la OTA ( $p = 0,411$ ), aunque se

observa, de manera general, que a mayor contenido de humedad se encuentra mayor nivel de OTA. Al respecto, la media de OTA en café con humedad mayor a 12,5 % fue de 2,85 ppb, en tanto que la OTA en café de hasta 12,5 % fue de 1,12 ppb. Se encontró una correlación significativa ( $p = 0,008$ ) entre la aplicación de las buenas prácticas de higiene y el contenido de OTA que indica que a mayor cumplimiento de las buenas prácticas de higiene en el café se cuenta con menores niveles de OTA, enfatizando la importancia de las medidas preventivas en el manejo del café orgánico en pergamino. Es recomendable el desarrollo de trabajos futuros para conocer el efecto de las prácticas de transporte (incluyendo el transporte internacional) y el comercio local del café sobre el contenido de OTA, así como realizar un monitoreo continuo en los niveles de OTA del café peruano, como medio de verificación de la aplicación de las prácticas de prevención para reducir la contaminación de OTA en toda la cadena del café.

#### Referencias Bibliográficas

- Banco Mundial. 2016. Análisis integral de logística en Perú. Resultados por productos: café. Práctica Global de Transporte y Tecnologías de la Información, Región de América Latina y el Caribe.
- Barbin, D.F.; de Souza A.L.; Felicio, M.; Wen Sun, D.; Nixdorf, S.L.; Hirooka, E.O. 2014. Application of infrared spectral techniques on quality and compositional attributes of coffee: An overview. *Food Research International* 61: 23–32.
- Barcelo, J.M.; Barcelo, R.C. 2017. Post-harvest practices linked with ochratoxin A contamination of coffee in three provinces of Cordillera Administrative Region, Philippines. *Food Additives & Contaminants: Part A* Volume 35 Issue 2 328–340.
- Barcelo, J.M.; Barcelo, R.C. 2017. Ochratoxin A, fungal contamination and antioxidant property of defective Arabica coffee in Benguet, Philippines. *Emirates Journal of Food and Agriculture* 29(1): 10–17
- Benites, A.J.; Leitão, A.L. 2017. Occurrence of ochratoxin A in roasted coffee samples commercialized in Portugal. *Food Control* Volume 73 Part B 1223–1228.
- Bicho, N.C.; Lidon, F.C.; Ramalho, J.C.; Leitã, A.E. 2013. Quality assessment of Arabica and Robusta green and roasted coffees – A review. *Emirates Journal of Food and Agriculture* 25(12): 945–950.
- Bueno, D.; Istamboulie, G.; Muñoz, R.; Marty, J.L.; 2015. Determination of Mycotoxins in Food: A Review of Bioanalytical to Analytical Methods. *Applied Spectroscopy Reviews* 50(9): 728–774.
- Dávila, J.C.; Fundes, G.; Villa, M. 2012. Manual de estandarización de procesos para productores y proveedores de café. Central Café y Cacao. Lima.
- Chiewchan, N.; Mujumdar, A.S.; Devahastin S. 2015. Application of Drying Technology to Control Aflatoxins in Foods and Feeds: A Review. *Drying Technology* 33: 1700–1707.
- Codex Alimentarius. 2003. CAC/RCP 1-1969, Rev 4-2003. Código internacional de prácticas recomendado - Principios Generales de Higiene de los Alimentos.
- Codex Alimentarius. 2013. GL 32-1999. Directrices para la producción, elaboración, etiquetado y

- comercialización de alimentos producidos orgánicamente.
- Codex Alimentarius. 2008. CX/CF 08/2/14. Documento de debate sobre la Ocratoxina A en el café. Comité del Codex sobre Contaminantes de los Alimentos. Tema 13(a) del programa.
- Codex Alimentarius, 2009. CAC/RCP 69-2009. Código de prácticas para prevenir y reducir la contaminación de Ocratoxina A en el café.
- FAO. 2006. Final Technical Report - Project CFC/ICO/06 - GCP/INT/743/CFC. Enhancement of Coffee Quality through the Prevention of Mould Formation.
- Frank, M. 1999. Prevención contra las micotoxinas y descontaminación. Sistema HACCP y su potencial para combatir las micotoxinas: Una evaluación de la Ocratoxina A en la producción del café. Tercera Conferencia Internacional Mixta FAO/OMS/PNUMA sobre micotoxinas.
- Frisvad J.C.; Frank J. M.; Houbraken, J.A.; Kuijpers, A.F.; Samson, R. A. 2004. New ochratoxin A producing species of *Aspergillus* section *Circumdati*. *Stud Mycol.* 50: 23–43.
- García, A. 2016. Analysis and risk assessment of Mycotoxins in coffee. Departament de Medicina Preventiva i Salut Pública, Ciències de l'Alimentació, Toxicologia i Medicina Legal. Programa de Doctorat amb Menció cap a l'Excel·lència en Ciències de l'Alimentació. Tesis doctoral Universidad de Valencia, España.
- Gil-Serna, J.; Vázquez, C.; Sardiñas, N.; González-Jaén, M.T.; Patiño, B. 2011. Revision of ochratoxin A production capacity by the main species of *Aspergillus* Section *Circumdati*. *Aspergillus steynii* revealed as the main risk of OTA contamination. *Food Control* 22: 343–345.
- Ichikawa, T.; Díaz, A. 2002. Diseño y Ensayo de un Sistema de Medición de los Costes de No Calidad y su Impacto en la Viabilidad de las PYMES. CONCYTEC. Lima - Perú.
- INACAL. 2017a. Norma Técnica Peruana NTP - ISO 3509:1998. Café y sus Derivados. Vocabulario. Centro de Información y Documentación. Instituto Nacional de la Calidad.
- INACAL. 2017b. Norma Técnica Peruana NTP - ISO 4072:1998. Café Verde en Sacos. Muestreo. Centro de Información y Documentación. Instituto Nacional de la Calidad.
- INACAL. 2017c. Norma Técnica Peruana NTP - ISO 6673:2000. Café Verde. Determinación de la Pérdida de Masa a 105 °C. Centro de Información y Documentación. Instituto Nacional de la Calidad.
- INACAL. 2017d. Norma Técnica Peruana NTP - ISO 209.027. Café Verde. Requisitos. Centro de Información y Documentación. Instituto Nacional de la Calidad.
- Lee, L.W.; Cheong, M.W.; Curran, P.; Yu B.; Liu, S.Q. 2015. Coffee fermentation and flavor – An intricate and delicate relationship. *Food Chemistry* 185: 182–191.
- Malir, F.; Ostry, V.; Novotn, E. 2013. Toxicity of the mycotoxin ochratoxin A in the light of recent data. *Toxin Reviews* 32(2): 19–33.
- Minitab Inc. 2010. Manual de Uso del MINITAB 16. Meet Minitab All rights reserved. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/58634097/Manual-Minitab-16>. 122 pp.
- Milani, J.; Maleki, G. 2014. Effects of processing on mycotoxin stability in cereals. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 94: 2372–2375.
- Narita, Y.; Inouye, K. 2014. Review on utilization and composition of coffee silverskin. *Food Research International* 61: 16–22.
- Piyapromde, S.; Hillberry, R.; MacLaren, D. 2014. 'Fair trade' coffee and the mitigation of local oligopsony power. *European Review of Agricultural Economics* 41(4): 537–559.
- Reglamento (CE), 2005. Documento 123/2005 de la Comisión del 26 de enero de 2005, por el que se modifica el Reglamento (CE) no 466/2001 con respecto a la Ocratoxina.
- Rhouati, A.; Yang, C.; Hayat, A.; Marty J.L. 2013. Aptamers: A Promising Tool for Ochratoxin A Detection in Food Analysis. *Toxins* 5 1988-2008.
- Romero, J. 2001. Documentación del Sistema de Gestión de la Inocuidad de una Empresa de Alimentos. ASECALIDAD. Segunda edición. Colombia.
- Taniwaki, M.H.; Pitt, J.I.; Teixeira, A.A.; Iamanaka, B.T. 2003. The source of ochratoxin A in Brazilian coffee and its formation in relation to processing methods. *Int J Food Microbiol* 82(2): 173-179.
- Tanikawi, M. 2006. An update on ochratoxigenic fungi and ochratoxin A in coffee. *Advances in Food Mycology*, edited by Ailsa D. Hocking, John I. Pitt, Robert A. Samson, Ulf Thrane. 2006 Springer+Business Media, Inc. USA.
- Taradolsirithitikul, P.; Sirisomboon, P.; Sirisomboon, C.D. 2017. Qualitative and quantitative analysis of ochratoxin A contamination in green coffee beans using Fourier transform near infrared spectroscopy. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 97(4): 1260-1266.
- Thornton, C.R.; Wills O.E. 2015. Immunodetection of fungal and oomycete pathogens: Established and emerging threats to human health, animal welfare and global food security. *Critical Reviews in Microbiology* 41(1): 27-51.
- Tscharntke, T.; Milder, J.C.; Schroth, G.; Clough, Y.; DeClerck, F., Waldron, A., Rice, R.; Ghazoul, J. 2015. Conserving biodiversity through certification of tropical agroforestry crops at local and landscape scales. *Conservation Letters* 8(1): 14–23.
- Viani R. 2002. Effect of Processing on Ochratoxin A (OTA) Content of Coffee. En: DeVries J.W.; Trucksess M.W.; Jackson L.S. (eds) *Mycotoxins and Food Safety. Advances in Experimental Medicine and Biology*, vol 504. Springer, Boston, MA
- Vicam. 2015. Ochratoxin Mycotoxin Testing System. Waters Corporation. USA.
- Yao H., Hruska Z.; Di Mavungu J.D. 2015. Developments in detection and determination of aflatoxins. *World Mycotoxin Journal* 8(2): 181-191.

## Anexos

## Anexo 1. Formato de evaluación sanitaria

Investigación: Evaluación de la Ocratoxina A en el Café Peruano		EVALUACIÓN SANITARIA		Formato – 01
Elaborado por: Alejandra Díaz		Revisado y aprobado por: Junta Nacional del Café y Cámara Peruana de Café		Página 185 de 11
		Fecha: Agosto, 2004		Versión: 01/2004
ASPECTOS		NIVEL DE CUMPLIMIENTO	COMENTARIOS	ACCIONES REQUERIDAS
<b>1</b>	<b>PRODUCCIÓN PRIMARIA</b>			
1.1	<b>Cultivo</b> Se aplican buenas prácticas agrícolas, producción orgánica u otros sistemas que promueven prácticas que reducen directa o indirectamente la presencia de mohos productores de OTA, al igual que la presencia de broca, garantizando el buen estado de los cafetos.			
1.2	<b>Cosecha</b> Se realiza una cosecha selectiva, minimizándose el contacto entre las cerezas de café recolectadas y las fuentes de contaminación por mohos. Las cerezas cosechadas se mantienen en lugares ventilados, sin exposición al sol, evitándose en lo posible los daños mecánicos. Los implementos de cosecha así como los sacos para transportar las cerezas al centro de beneficio se mantienen limpios, en buen estado de conservación y son de uso exclusivo para la cosecha. Las cerezas caídas al suelo o en proceso de descomposición son recogidos, separados (no ingresan al proceso del café) y tratados adecuadamente (comportados, enterrados, etc.). Las cerezas cosechadas son trasladadas al centro de beneficio sin demoras. Se mantiene una adecuada coordinación de las actividades de cosecha con las del beneficiado.			
1.3	<b>Transporte de cerezas</b> Los medios usados para el transporte de las cerezas al centro de beneficio se mantienen limpios y en buen estado.			
<b>2</b>	<b>INSTALACIONES</b>			
2.1	<b>Ubicación y construcción</b>			
	<b>Ubicación de establecimientos</b> Se encuentran ubicados alejados de zonas cuyo medio ambiente esté contaminado y actividades industriales que constituyan una amenaza grave de contaminación; zonas expuestas a inundaciones, a menos que estén protegidas de manera suficiente; zonas expuestas a infestaciones de plagas; y, zonas de las que no se puedan retirar de manera eficaz los desechos.			
	<b>Diseño de las instalaciones</b> El diseño de las instalaciones permite la adopción de prácticas de higiene, así como medidas protectoras contra la contaminación, entre y durante las operaciones. Las estructuras al interior de las instalaciones están construidas de material que permite la limpieza y el mantenimiento.			
	<b>Equipos</b> Los equipos se encuentran diseñados de manera que permiten un mantenimiento y limpieza adecuados, funcionan de conformidad con el uso al que están destinados y facilitan las buenas prácticas de higiene, incluida la vigilancia.			
2.2	<b>Servicios</b>			
	<b>Abastecimiento de agua.</b> Se dispone de suficiente abastecimiento de agua, de acuerdo a las operaciones que se realizan, con instalaciones apropiadas para su almacenamiento y distribución.			
	<b>Desagüe y eliminación de desechos</b> Se cuenta con sistemas e instalaciones adecuadas de desagüe y eliminación de desechos, evitando el riesgo de contaminación del café.			
	<b>Limpeza</b> Se cuenta con instalaciones adecuadas para la limpieza de utensilios y equipos.			
	<b>Servicios de higiene y aseo para el personal</b> Se cuenta con servicios de higiene adecuados para el personal, de modo que aseguran el mantenimiento de un grado apropiado de higiene personal y evitar el riesgo de contaminación.			
	<b>Calidad del aire y ventilación</b> Se dispone de medios adecuados de ventilación natural o mecánica, que permiten controlar la temperatura ambiental, los olores y controlar la humedad. Los sistemas de ventilación han sido proyectados y construidos de manera que el aire no fluye de las zonas contaminadas a zonas limpias.			
	<b>Iluminación</b> Se dispone de iluminación natural o artificial adecuada para permitir la realización de las operaciones de manera higiénica. La intensidad es suficiente para el tipo de operaciones que se llevan a cabo. Los fluorescentes o focos están protegidos, cuando proceda, a fin de asegurar que los productos se contaminen en caso de rotura.			
	<b>Almacenamiento</b> Se dispone de instalaciones adecuadas para el almacenamiento del café, así como de los productos químicos no alimentarios, como productos de limpieza, lubricantes y combustibles. Las instalaciones de almacenamiento están construidas de manera que permiten un mantenimiento y una limpieza adecuados, evitan el acceso y el anidamiento de plagas y permiten proteger con eficacia al café de la contaminación durante el almacenamiento.			
<b>3</b>	<b>CONTROL DE LOS PROCESOS</b>			
3.1	<b>Especificaciones y monitoreo</b>			
	<b>Especificaciones de materia prima</b> Se han desarrollado y divulgado entre los interesados las especificaciones de calidad de la materia prima. Se cuenta con una base de información sobre los proveedores.			
	<b>Especificaciones de los productos y procesos</b> Se han desarrollado con claridad las especificaciones del café y los procesos productivos, atendiendo las normas.			
	<b>Monitoreo de procesos</b> Se ha planificado y se encuentra en funcionamiento un sistema confiable de monitoreo de los procesos.			
3.2	<b>BENEFICIO</b>			
	<b>Control de materia prima</b> Se controla la calidad del café en la recepción.			
	<b>Selección</b> Se separan las cerezas brocadas, secas, vanas, etc. antes del despulpado.			
	<b>Despulpado</b> Las cerezas son despulpadas tan pronto como ingresan al beneficio. Se mantiene una adecuada coordinación con las actividades de cosecha.			

	<b>Fermentado</b> El fermentado es realizado en tanques o tinas limpias, evitando en lo posible el uso de recipientes de madera. No se permite el uso de sacos para realizar la fermentación. Se realiza un control de la fermentación para facilitar la remoción del mucilago del grano en el lavado.			
	<b>Lavado</b> Se realiza un control del lavado de los granos para la eliminación completa del mucilago.			
	<b>Agua</b> El agua utilizada en el beneficio es limpia para evitar la contaminación en los procesos de despulpado, fermentación y lavado.			
	<b>Secado</b> El proceso de secado es realizado inmediatamente después del lavado, en instalaciones que permiten la eliminación rápida y uniforme de la humedad, mediante el secado solar o mecánico, utilizando losas de cemento, tarimas, plataformas con mallas metálicas, bandejas, etc. limpias y en buen estado. Durante el secado, el café es removido periódicamente para facilitar el secado uniforme. Durante el secado al sol, el café pergamino se extiende uniformemente formando una capa con una altura máxima de 4 cm. para facilitar el secado. Los granos de café están protegidos de la lluvia y del rocío de la noche durante el proceso de secado. El café es secado hasta lograr un contenido de humedad máxima de 13%. La medición de humedad es realizada de acuerdo a la NTP-ISO 6673 o utilizando un equipo calibrado con esta norma. Los equipos e implementos son de uso exclusivo para el secado de café.			
<b>3.3</b>	<b>PILADO Y ENSACADO</b> Durante el proceso de pilado, se mantienen los granos de café limpios y secos, alejados de desechos como cáscaras, paja, materias extrañas, etc. En el ensacado se utilizan sacos limpios y de uso exclusivo.			
<b>3.4</b>	<b>ALMACENAMIENTO</b> No se almacenan granos de café con niveles de humedad superiores al 13%. El café almacenado no se encuentra expuesto a la luz directa del sol ni situado donde pudiera haber calefacción local capaz de producir variaciones de temperatura y propiciar el paso de humedad. Se utilizan parihuelas exclusivas para café, a fin de evitar el contacto de los sacos con el piso y las paredes. Se realiza un monitoreo del porcentaje de humedad con métodos de medición confiables. Los almacenes de café se utilizan de manera exclusiva para el café.			
<b>3.5</b>	<b>INFORMACION</b> <b>Identificación de los lotes</b> Los lotes se encuentran debidamente identificados, de manera que permite el retiro de los productos y contribuye a mantener una rotación eficaz de las existencias. <b>Trazabilidad</b> Se puede reconstruir el historial de los productos.			
<b>4</b>	<b>SANEAMIENTO y MANTENIMIENTO</b> <b>Limpieza</b> Se cuenta con programas de limpieza en funcionamiento para instalaciones, equipos y utensilios. <b>Control de plagas</b> Se ha diseñado y se encuentra en funcionamiento un programa de control de plagas acorde con las necesidades de higiene del café. <b>Eliminación de desechos</b> Se adoptan medidas apropiadas para la remoción y el almacenamiento de los desechos. <b>Mantenimiento</b> Las instalaciones y los equipos se mantienen en un estado apropiado de reparación y condiciones para facilitar los procedimientos de saneamiento, poder funcionar según lo previsto y evitar la contaminación.			
<b>5</b>	<b>HIGIENE PERSONAL</b> Se cuenta con servicios de higiene adecuados para el personal, a fin de asegurar el mantenimiento de un grado apropiado de higiene personal y evitar el riesgo de contaminación del café. Los patrones de desplazamiento de los empleados previenen la contaminación cruzada. El acceso de personal y visitantes es controlado para prevenir la contaminación.			
<b>6</b>	<b>TRANSPORTE</b> Se verifica que los vehículos son adecuados para transportar el café, son inspeccionados con objeto de asegurar que se encuentren libres de contaminación y aptos para el transporte. Los medios de transporte proporcionan una protección eficaz contra la contaminación, principalmente para evitar el rehumedecimiento de los granos de café.			
<b>7</b>	<b>CAPACITACIÓN</b> <b>Programa de capacitación</b> Se cuenta con un programa escrito de entrenamiento del personal. Se ofrece inducción y entrenamiento apropiado en higiene personal y manejo higiénico de alimentos a todos los manipuladores. Se llevan registros de estas capacitaciones			
<b>8</b>	<b>REGISTROS Y AUDITORIA INTERNA</b> Se mantienen registros apropiados de la producción. Se realiza al menos una auditoría interna al año para garantizar el cumplimiento de las buenas prácticas. Se han dispuesto acciones correctivas como resultado de la auditoría interna.			

<sup>1</sup> PUNTUACIÓN: 1. No se cumplen los requisitos en absoluto; 2. Requisitos en estado incipiente, presentan riesgos para la inocuidad del producto; 3. Requisitos en proceso de diseño, faltando aspectos de gran importancia; 4. Requisitos diseñados y en funcionamiento, faltan algunos aspectos menores; 5. Requisitos completamente diseñados y en funcionamiento.

## Anexo 2. Puntuación de la evaluación sanitaria

Investigación: Evaluación de la Ocratoxina A en el Café Peruano		PERFIL SANITARIO												
Elaborado por: Alejandra Díaz		Aprobado por: Junta Nacional del Café y Cámara Peruana de Café					Fecha: Agosto 2004				Versión: 01/2004			
ELEMENTO		PMX	DATOS		GRÁFICO – PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO									
			POB	%	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
<b>1</b>	<b>PRODUCCIÓN PRIMARIA</b>	<b>35</b>												
1.1	Cultivo	5												
1.2	Cosecha	25												
1.3	Transporte de cerezas	5												
<b>2</b>	<b>INSTALACIONES</b>	<b>50</b>												
2.1	Ubicación y construcción	15												
a)	Ubicación de establecimientos	5												
b)	Diseño de las instalaciones	5												
c)	Equipos	5												
2.2	Servicios	35												
a)	Abastecimiento de agua	5												
b)	Desagüe y eliminación de desechos	5												
c)	Limpieza	5												
d)	Servicios de higiene y aseo para el personal	5												
e)	Calidad del aire y ventilación	5												
f)	Iluminación	5												
g)	Almacenamiento	5												
<b>3</b>	<b>CONTROL DE LOS PROCESOS</b>	<b>120</b>												
3.1	Especificaciones y monitoreo	15												
3.2	Beneficio (control de materia prima, selección, despulpado, fermentado, lavado, agua, secado)	60												
3.3	Pilado y ensacado	10												
3.4	Almacenamiento	25												
3.5	Información (identificación de lotes, trazabilidad)	10												
<b>4</b>	<b>SANEAMIENTO Y MANTENIMIENTO</b>	<b>20</b>												
4.1	Limpieza	5												
4.2	Control de plagas	5												
4.3	Eliminación de desechos	5												
4.4	Mantenimiento	5												
<b>5</b>	<b>HIGIENE PERSONAL</b>	<b>15</b>												
<b>6</b>	<b>TRANSPORTE</b>	<b>10</b>												
<b>7</b>	<b>CAPACITACIÓN</b>	<b>5</b>												
7.1	Programa de capacitación	5												
<b>8</b>	<b>REGISTRO Y AUDITORÍA INTERNA</b>	<b>15</b>												
<b>TOTAL</b>		<b>270</b>												