

CONFIABILIDAD DE LA EVALUACIÓN VISUAL DE GRANOS DE MAÍCES BLANCOS Y AMARILLOS EN VENEZUELA EMPLEANDO IMÁGENES DIGITALES

Manuel Ávila¹, Jesús Alezones¹, Yorman Jayaro¹, Marbella Romero¹, Ysbelia Castellanos², Gustavo Pernaleté³, Noralba Castillo⁴, Julio Arias⁵, Omar Carpio⁶, Héctor Lobatón⁷, Sandra Crachiolo⁸, Leina González⁹, Flavia Navas¹⁰ y Laura Porte¹¹

RESUMEN

La calidad del grano de maíz es un aspecto fundamental durante su procesamiento y consumo por lo que su análisis debe ser muy confiable. El objetivo del estudio fue evaluar la confiabilidad de los análisis de laboratorio de la calidad del maíz según la apariencia del grano a través de imágenes digitales. Para ello se capturaron 200 fracciones de granos de maíces blancos y amarillos con un escáner de alta resolución. Las imágenes fueron evaluadas por 29 analistas con experiencias comprendidas desde menos de 1 año hasta 25 años. Los analistas clasificaron las imágenes en diferentes categorías basadas en la normativa venezolana de maíz para uso industrial. Los resultados fueron analizados utilizando los parámetros estadísticos de moda y frecuencia, el porcentaje de aciertos de cada analista con la moda, y los coeficientes de *kappa* general, por años de experiencia e intralaboratorio. Los analistas presentaron un nivel de concordancia *kappa* de 0,42 (moderado) en maíz blanco y de 0,40 (discreto) en maíz amarillo. La concordancia entre analistas varió entre los grupos intralaboratorio y no estuvo asociada de manera consistente con sus años de experiencia. La mayoría de los analistas se enmarcaron en rango de aciertos con la moda comprendido entre 50 y 75 % para ambos tipos de maíz. Los resultados evidencian la necesidad de continuar armonizando los criterios de evaluación para mejorar en Venezuela la confiabilidad en la determinación de la apariencia de granos en maíz blanco y amarillo.

Palabras clave adicionales: Análisis de laboratorio, calidad del grano, confiabilidad de análisis, *Zea mays*

ABSTRACT

Reliability in visual evaluation of white and yellow corn grains using digital images in Venezuela

The quality of the corn grain is a fundamental aspect during its processing and consumption, so its analysis must be very reliable. The objective of the study was to evaluate the reliability of the laboratory analysis of the corn quality by the grain appearance through digital images. For this, two hundred fractions of white and yellow corn grains were captured with high resolution scanner. The images were evaluated by 29 analysts with experiences ranging from less than 1 year to 25 years. The analysts classified the grain images in different categories based on Venezuelan regulations for industrial corn use. The results were analyzed using statistic parameters of mode (more frequent definition), frequency, the percentage of successes with the mode value of each analyst, and the *kappa* coefficient (general, experience of analyst, and intralaboratory groups). The data showed general *kappa* value of 0.42 (moderated) and 0.40 (discrete) for white and yellow corn, respectively. These coefficients varied among the intralaboratory groups and were not consistently associated with their years of experience. The majority of analysts showed achievements with the mode value ranging from 50 to 75 % for both corn types. These results expose the need to continue standardizing the criteria of evaluation to improve the reliability in the determination of the appearance of grains in white and yellow maize in Venezuela.

Additional key words: Analysis reliability, grain quality, laboratory analysis, *Zea mays*

Recibido: Enero 21, 2018

Aceptado: Junio 25, 2018

¹ Fundación para la Investigación Agrícola Danac, San Felipe, Venezuela. e-mail: manuel.avila@danac.org.ve (autor de correspondencia); jesus.alezones@danac.org.ve, yorman.jayaro@danac.org.ve; marbella.romero@danac.org.ve

² Asociación de Productores Rurales de Turén (ASOPRUAT), Turén, Venezuela. e-mail: ysbelia_castellanos@hotmail.com

³ Procesadora Venezolana de Cereales, S.A. (PROVENCESA). Acarigua, Venezuela. e-mail: gustavo.pernaleté@empresas-polar.com

⁴ Alimentos Polar Comercial-Planta Chivacoa, Chivacoa, Venezuela. e-mail: noralba.castillo@empresas-polar.com

⁵ Fundación CIEPE, San Felipe, Venezuela. e-mail: jarias@ciepe.gob.ve

⁶ Alimentos Polar Comercial-Planta Turmero, Turmero, Venezuela. e-mail: omar.carpio@empresas-polar.com

⁷ Alimentos Polar Comercial-Planta Cumaná, Cumaná, Venezuela. e-mail: hector.lobaton@empresas-polar.com

⁸ Productores Agrícolas Independientes, C.A. (PAICA), Turén, Venezuela. e-mail: scrachiolo11@hotmail.com

⁹ Almacenadora ASOPORTUGUESA II, S.A., Acarigua, Venezuela. e-mail: lgonzalez@asoportuguesa.com

¹⁰ Industrias del Maíz, C.A. (INDELMA), Turmero, Venezuela. e-mail: fnavas@alfonzorivas.com

¹¹ Molinos Nacionales C.A. (MONACA), Caracas, Venezuela. e-mail: lporte@monaca.com.ve

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) representó para el año 2014 un aporte importante en la dieta para 70 % de los países de Latinoamérica, en México se situó en la primera posición con un consumo de 267 g·día⁻¹ por persona, mientras que Venezuela ocupó el sexto lugar con 135 g·día⁻¹ por persona (Ranum et al., 2014). En Venezuela el maíz es el primer aportador energético y el segundo proteico en la dieta de sus habitantes, se consume principalmente a partir de productos industriales de molienda seca como la harina precocida (Cartay, 2000; Ávila, 2012).

La calidad del grano de maíz constituye un aspecto fundamental durante su procesamiento y consumo y puede verse afectada de acuerdo al ambiente donde se desarrolle el cultivo y su manejo pre y postcosecha (US Grains Council, 2013). Por ejemplo, los granos dañados por calor y quemados, pueden transformarse en harinas precocidas pardas u oscuras de aspecto no deseable para el consumidor, mientras que la presencia de hongos ha sido asociada a efectos adversos a la salud de los consumidores por el poder carcinogénico de algunas toxinas que producen (Peraica et al., 1999). Al respecto, la normativa venezolana de maíz para uso industrial indica que los granos de maíz no deben presentar hongos, insectos vivos, excrementos de roedores, animales muertos, materias extrañas y cualquier sustancia dañina a la salud, de lo contrario se considera no calificado y debe ser rechazado (COVENIN, 1987).

En muestras de granos de maíz producidos y almacenados en Venezuela se han identificado hongos de las especies *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus*, *A. tamarii*, *Acremonium strictum*, *Fusarium verticilloides*, *F. oxysporum*, *Penicillium piceum* y *P. citrinum*, las cuales produjeron diferentes niveles de micotoxinas (Lemus et al., 2007; Chavarri et al., 2009), cuya ingesta produce efectos adversos a la salud en humanos y animales (Zain, 2011). A pesar que se han desarrollado diversas técnicas de detección de micotoxinas en el ámbito mundial (Turner et al., 2009), la normativa venezolana considera únicamente el análisis de presencia de toxinas generadas por el hongo *Aspergillus flavus*

(aflatoxinas) (COVENIN, 1987). Por lo anteriormente expuesto, el análisis visual del maíz en Venezuela continúa siendo importante dentro del proceso de aseguramiento de calidad e inocuidad del producto.

Los resultados de ensayo de laboratorio deben ser confiables, ya que éstos pueden tener implicaciones legales, económicas o estar asociados con riesgos a la salud y validez de estudios científicos. La norma de acreditación de ensayos de laboratorio ISO/IEC 17025 indica que una de las formas de demostrar la confiabilidad de los resultados en términos de precisión y exactitud es a través de la participación en ensayos interlaboratorio (ISO, 2005). Estos se basan en una comparación de resultados de ensayo de diferentes laboratorios sobre muestras homogéneas mediante un protocolo estándar.

Se han indicado discrepancias al momento de cuantificar visualmente defectos en los granos de cereales. Al respecto el análisis visual del grano de arroz pulido ha sido declarado por expertos como una evaluación altamente subjetiva (Oryza, 2011). Por ello, se han realizado programas de comparación de resultados de ensayo entre laboratorios (Dotta, 2008) y en los últimos años se han realizado comparaciones interlaboratorio con el uso de imágenes digitales de granos de arroz (Ávila et al., 2012). Esta alternativa de bajo costo puede ser realizada de manera periódica y permite disponer de los resultados de manera rápida, facilitado por el uso de tecnologías de la información como el correo electrónico y acceso a sistemas en línea compartidos entre los analistas de los laboratorios. Sin embargo, estudios de esta naturaleza para el análisis visual de maíz en Venezuela o en Latinoamérica han sido limitados y poco difundidos.

Por lo anteriormente expuesto el objetivo de este trabajo fue evaluar la confiabilidad de análisis visuales de granos de maíz blanco y amarillo realizados por analistas en Venezuela, mediante el uso de imágenes digitales, así como establecer los posibles aspectos a mejorar.

MATERIALES Y MÉTODOS

La preparación de muestras y el protocolo interlaboratorio se realizó siguiendo la

metodología propuesta por Ávila et al. (2012). Para ello, manualmente se tomaron al azar 100 fracciones de maíz blanco y otras 100 de maíz amarillo, de muestras homogenizadas de 30 genotipos evaluados por el programa de mejoramiento genético de maíz de Fundación Danac (Venezuela), entendiéndose por fracción los granos, partes de granos, e impurezas que conforman cada muestra. De cada fracción se capturaron imágenes de ambas caras, con un escáner 5590 FCLSD-0407 (Hewlett-Packard), a

máxima resolución (2400 dpi) sin colocar la tapa superior. Las imágenes se ampliaron tres veces su tamaño real y almacenaron por tipo de maíz (blanco y amarillo) a todo color en dos archivos de Power Point (Microsoft).

En cada archivo las imágenes de las 100 fracciones de grano se distribuyeron al azar en 10 láminas, en cada lámina se colocaron 10 pares de imágenes (dos caras por fracción), y se enumeraron de forma consecutiva de la fracción 1 a la 100 para facilitar su evaluación (Figura 1).

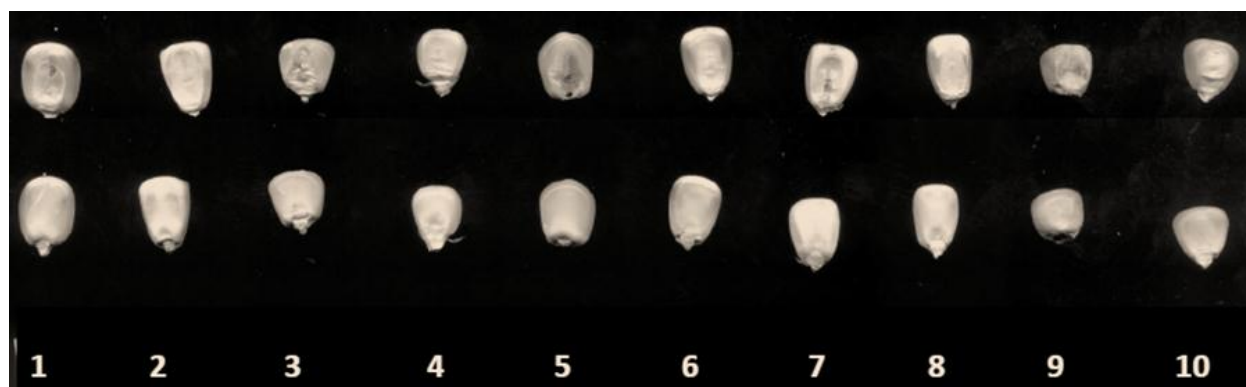


Figura 1. Vista de una lámina que muestra la disposición de las imágenes de las fracciones de granos de maíz en los archivos de evaluación

Los archivos se enviaron acompañados de formatos de evaluación por correo electrónico, a laboratorios de análisis de calidad de grano de maíz de entes públicos y privados correspondientes a siete empresas (con nueve plantas procesadoras), un centro de almacenamiento de granos y dos institutos de investigación. Las plantas procesadoras participantes forman parte de empresas que fueron responsables en el año 2012 del 70 % de la producción de nacional de harina precocida de maíz blanco y amarillo (EMEN, 2013). Las imágenes fueron evaluadas por 29 analistas con experiencias comprendidas desde 6 meses hasta 25 años. El número de analistas por ente participante varió de 1 a 12 analistas.

La evaluación consistió en que cada analista observara ambas imágenes de la fracción y, conforme su percepción, asignara una de once posibles definiciones descritas en el instructivo de evaluación (Cuadro 1), mayormente basado en la normativa venezolana 1935-87, de maíz para uso industrial (COVENIN, 1987). Como algunos granos pudieron haber expresado más de una

definición y afectar la reproducibilidad, se indicó a los analistas que asignaran la definición que consideraran más crítica en la valoración del grano, e indicaran el número de definiciones totales que percibieron para estos casos.

Cuadro 1. Definiciones del grano de maíz

Abreviatura	Definición de grano
S	Sano
M	Dañado por microorganismos
G	Germen dañado
P	Partido
D	Dañado por insectos
K	Cristalizado
A	Amiláceo
I	Impureza
R	Dañado por roedores
C	Dañado por calor
Q	Quemados

Los resultados se analizaron por tipo de grano, siguiendo la metodología estadística utilizada por

Ávila et al. (2012) para evaluar granos de arroz, donde a cada par de imágenes correspondientes a cada fracción evaluada se estimaron el número de definiciones totales, la moda (definición más frecuente) y la frecuencia de moda. La moda se consideró como el valor referencia, para definir las imágenes y medir la exactitud de los analistas. Por otra parte, se estimaron la concordancia relativa y el coeficiente de concordancia *Kappa*, de acuerdo a la metodología empleada por Futrell (1995), para cuantificar el grado de acuerdo entre múltiples analistas para mediciones de escala nominal utilizando la siguiente ecuación:

$$kappa = \frac{P(A)-P(E)}{1-P(E)}$$

donde P(A) = Probabilidad de concordancia observada, P(E) = Probabilidad de concordancia si los evaluadores hicieran sus mediciones al azar.

Por consenso de los participantes del estudio, el coeficiente de concordancia *Kappa* se estimó por tipo de grano para el total de analistas (general), niveles de experiencia: 1) analistas con 3 o más años de experiencia (26 analistas), 2) analistas con 10 o más años de experiencia (16 analistas) y 3) analistas con 20 o más años de experiencia (10 analistas). Por otra parte, dado que siete laboratorios participaron con más de un analista, para evaluar el grado de acuerdo entre ellos dentro de cada laboratorio se estimó el coeficiente de concordancia para grupos intralaboratorio, que a efecto de mantener la confidencialidad quedaron identificados como grupo I hasta VII. Luego se estableció la tipificación de los coeficientes de concordancia calculados conforme a lo establecido por Landis y Koch (1977) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Grados de concordancia en función del coeficiente de concordancia

<i>Kappa</i>	Tipificación
0,0	Sin acuerdo
>0,0 – 0,20	Insignificante
0,21 -0,40	Discreto
0,41 – 0,60	Moderado
0,61 – 0,80	Sustancial
0,81 – 1,0	Casi perfecto

Fuente: Landis y Koch (1977)

Adicionalmente se estimaron correlaciones de Spearman para evaluar niveles de asociación de

algunas variables estudiadas y la dispersión de la proporción porcentual de definiciones equivalentes a las modas (aciertos) de los analistas, en ambos tipos de maíces, para evaluar su desempeño. Finalmente, se estableció una tabla de referencia con una selección de imágenes representativas de las diferentes definiciones encontradas, considerando aquellas que presentaron las mayores frecuencias de moda (>70 %).

RESULTADOS

La distribución de las definiciones asignadas a las imágenes de las fracciones evaluadas de acuerdo a la moda de maíces blancos y amarillos se presenta en la Figura 2. Las definiciones predominantes para ambos maíces estuvieron constituidas por los granos sanos, granos dañados por microorganismos, granos con germen dañado y granos partidos, el resto de las definiciones alcanzaron una proporción inferior al 10 %. Las imágenes adquirieron 10 de las 11 posibles definiciones a ser asignadas, debido a la no detección de granos quemados. Por otra parte, una baja proporción de imágenes de maíces blancos (1 %) y amarillos (3 %) no presentaron valores de moda.

Las imágenes de granos de maíz fueron agrupadas de acuerdo al número de definiciones totales asignadas por los analistas y son presentadas en la Figura 3. En maíz blanco las imágenes se distribuyeron en 8 grupos y presentaron entre 1 y 8 definiciones de grano. Los grupos con 4 y 5 definiciones de grano presentaron las mayores proporciones de imágenes (59 %), seguidos por el grupo con 3 definiciones (17 %); el resto de las definiciones presentaron una proporción de imágenes inferior a 10 %.

Las imágenes de maíz amarillo se distribuyeron en 7 grupos y estuvieron comprendidas entre 2 y 8 definiciones de grano. Un 62 % de las imágenes de grano amarillo presentaron entre 4 y 5 definiciones de grano, seguidos por el grupo de 6 definiciones (15 %). El resto de las definiciones presentaron una proporción igual o menor a 13 %.

Las respuestas de los analistas produjeron diferentes grados de combinación de definiciones para una misma imagen, entre las que se pueden

destacar las combinaciones “S-M”, “C-G-M-S” y “C-G-M”, encontradas en una proporción de imágenes de 18, 16 y 45 %, en maíz blanco y de 49, 40 y 53 %, en maíz amarillo, respectivamente (datos no mostrados). Estas combinaciones específicas dentro de todas las detectadas, ponen de manifiesto que algunos analistas podrían indicar baja calidad en una muestra óptima o

indicar alta o baja calidad en muestras cuando en realidad presenta riesgos relativos a inocuidad. Por ejemplo, un grano sano (“S”), presentan grados de calidad industrial superior frente a un grano cristalizado (“C”) o un grano con germen dañado (“G”), mientras que un grano dañado por microorganismos (“M”) podría implicar riesgos a la salud del consumidor.

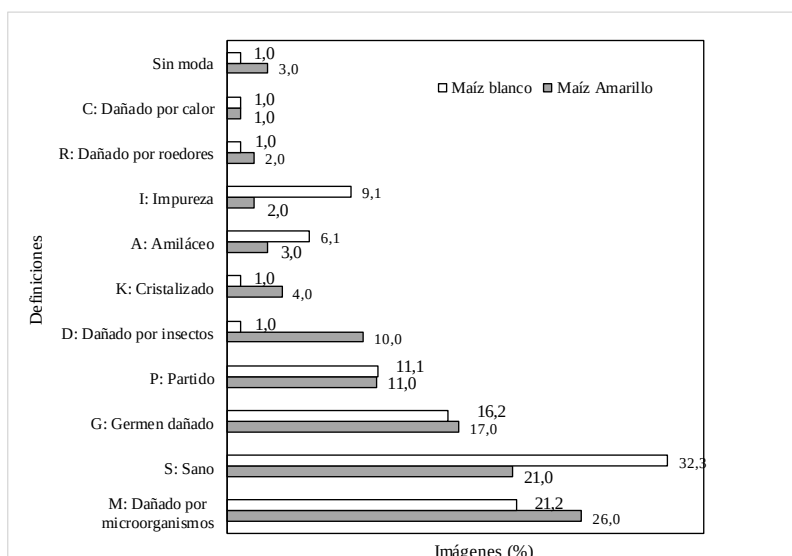


Figura 2. Distribución de las definiciones asignadas en la evaluación de imágenes del grano de maíz

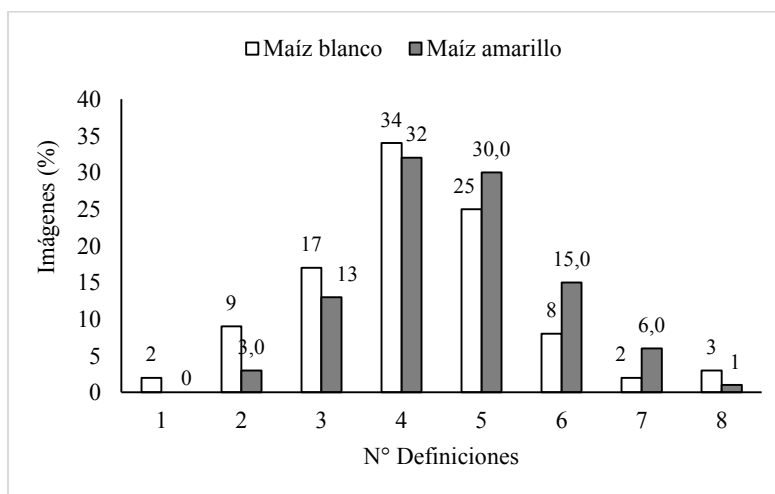


Figura 3. Distribución de imágenes del grano de maíz de acuerdo al número de definiciones

Las frecuencias de las modas y concordancias relativas de las respuestas asignadas por los analistas presentaron una distribución diferencial en cuatro rangos establecidos. Por otra parte ambas variables presentaron un comportamiento similar entre los dos tipos de maíz (Figura 4). En

maíz blanco se observó una mayor proporción de imágenes con altos rangos de frecuencias de modas con respecto a las de maíz amarillo. Sin embargo, para ambos tipos de maíz, las mayores proporciones de imágenes se enmarcaron en los rangos de frecuencia de modas comprendidos

entre >50-75 % y >75-100 %, mientras que para concordancia relativa las imágenes se concentraron entre los rangos de >25-50 % y >50-75 %. Adicionalmente, se observó que bajas proporciones de imágenes (≤ 6 %) se enmarcaron en el rango de 0-25 % tanto en las concordancias relativas como para las frecuencias de las modas.

El coeficiente de concordancia *kappa* y su tipificación, en los grupos establecidos

considerando la totalidad de analistas (general), los años de experiencia y los analistas dentro de cada laboratorio (intralaboratorio, grupo I hasta VII), se presentan en el Cuadro 3. Los coeficientes de concordancia generales fueron superiores en maíz blanco con respecto al amarillo siendo tipificados como “moderados” y “discretos”, respectivamente, según lo propuesto por Landis y Koch (1977).

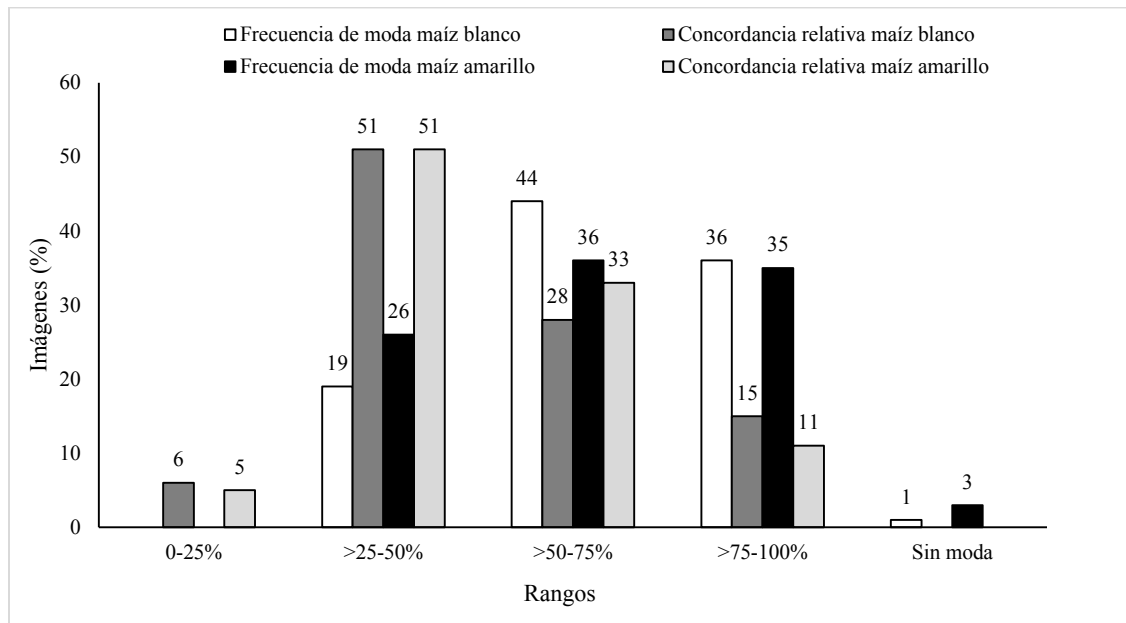


Figura 4. Distribución de imágenes del grano de maíz de acuerdo a las frecuencias de las modas y concordancias relativas de los analistas

Cuadro 3. Valores del coeficiente de *kappa* para los grupos de analistas (tanto general como en función de su experiencia y de los grupos intralaboratorio)

Grupo	Maíz blanco		Maíz amarillo	
	Coeficiente	Tipificación	Coeficiente	Tipificación
General	0,42	Moderado	0,40	Discreto
≥ 3 años de experiencia	0,43	Moderado	0,40	Discreto
≥ 10 años de experiencia	0,41	Moderado	0,42	Moderado
≥ 20 años de experiencia	0,40	Discreto	0,43	Moderado
Grupo I	0,42	Moderado	0,43	Moderado
Grupo II	0,58	Moderado	0,46	Moderado
Grupo III	0,62	Sustancial	0,61	Sustancial
Grupo IV	0,66	Sustancial	0,78	Sustancial
Grupo V*	0,52	Moderado	-	-
Grupo VI	0,39	Discreto	0,32	Discreto
Grupo VII	0,53	Moderado	0,06	Insignificante

*No participó en la evaluación de maíz amarillo

Los coeficientes de concordancia variaron con los años de experiencia y presentaron un

comportamiento específico de acuerdo al tipo de maíz. En maíz blanco, se observaron ligeras

reducciones de los coeficientes con el incremento de los años de experiencia con un cambio en la tipificación. Los analistas de 10 años de experiencia presentaron una tipificación “moderada” mientras que los analistas con 20 años de experiencia alcanzaron una tipificación “discreta” indicativo de una menor concordancia. En las imágenes de maíz amarillo se encontró un comportamiento inverso del valor de concordancia con los años de experiencia, la tipificación varió de “discreta” a “moderada” para los analistas de 3 a 10 años de experiencia, respectivamente.

Se encontraron diferencias importantes de los coeficientes de concordancia entre los grupos intralaboratorio, para las imágenes de maíz blanco los valores del coeficiente variaron entre 0,39 y 0,66 quedando distribuidos en tres niveles de tipificación. En maíz amarillo los grupos presentaron una mayor amplitud (0,06-0,78) correspondientes a cuatro niveles de tipificación que, a diferencia del maíz blanco, incluyó la tipificación “Insignificante”. Adicionalmente, se observó que la tipificación de los grupos intralaboratorio fue consistente a través de los tipos de maíz a excepción del grupo VII.

La Figura 5 presenta la distribución de las evaluaciones de los analistas por rango de aciertos con la moda. Las mayores proporciones de analistas se enmarcaron dentro del rango de aciertos comprendido entre 50 y 75 % y sus niveles resultaron similares para ambos maíces. Sin embargo, para las imágenes de maíz blanco se encontró una mayor proporción de analistas con aciertos superiores a 75 % y baja proporción de analistas con aciertos inferiores a 50 % con respecto a las imágenes de maíz amarillo.

Para las imágenes de granos de tipo blanco y amarillo los analistas presentaron rangos de aciertos con la moda de 43-83 % y 44-79 %, respectivamente.

En la Figura 6 se muestran los porcentajes de acierto para maíz blanco (eje X) y maíz amarillo (eje Y) de cada evaluador. Dieciséis analistas obtuvieron 60 % de aciertos o más para ambos tipos de maíz, y en seis de estos evaluadores, ambos porcentajes fueron superiores al 70 %. Otros analistas presentaron diferencias en los niveles de acierto entre los tipos de maíz evaluados, y un pequeño grupo presentó niveles de aciertos cercanos al 50 % para ambos maíces indicativo de un menor desempeño en

la evaluación.

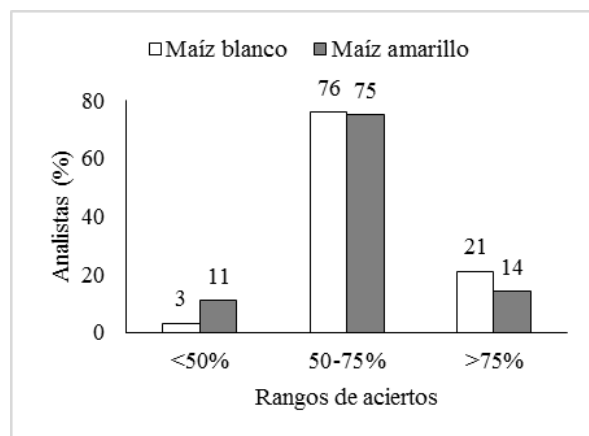


Figura 5. Distribución de los analistas por rangos de aciertos con la moda

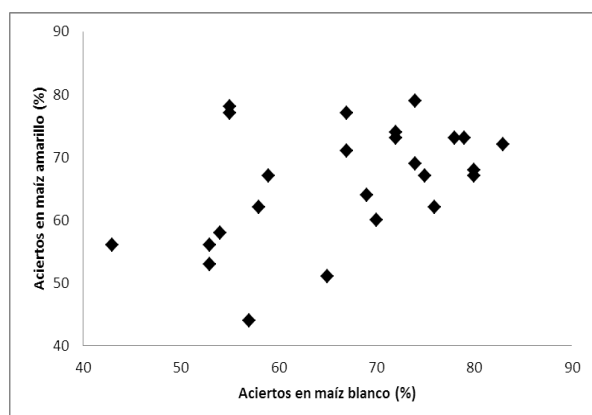


Figura 6. Porcentaje de aciertos de los analistas para imágenes de maíces blancos y amarillos

Algunas variables consideradas en el estudio presentaron diferentes niveles de correlación. Los aciertos de los analistas presentaron una correlación de 0,45 ($P \leq 0,05$) entre los tipos de maíz. Por otra parte, los años de experiencia presentaron correlaciones bajas, negativas y no significativas con los niveles de aciertos con la moda, para ambos tipos de maíz (datos no mostrados).

Los coeficientes de correlación de las variables estudiadas resultaron superiores para las imágenes de maíz blanco con respecto las de maíz amarillo (Cuadro 4). El número de definiciones percibidas y el total de definiciones asignadas por los analistas en las muestras presentaron una correlación positiva; sin embargo, resultó significativa únicamente para los maíces blancos ($P \leq 0,01$).

Cuadro 4. Correlaciones de diferentes variables de evaluación de imágenes de granos de maíz

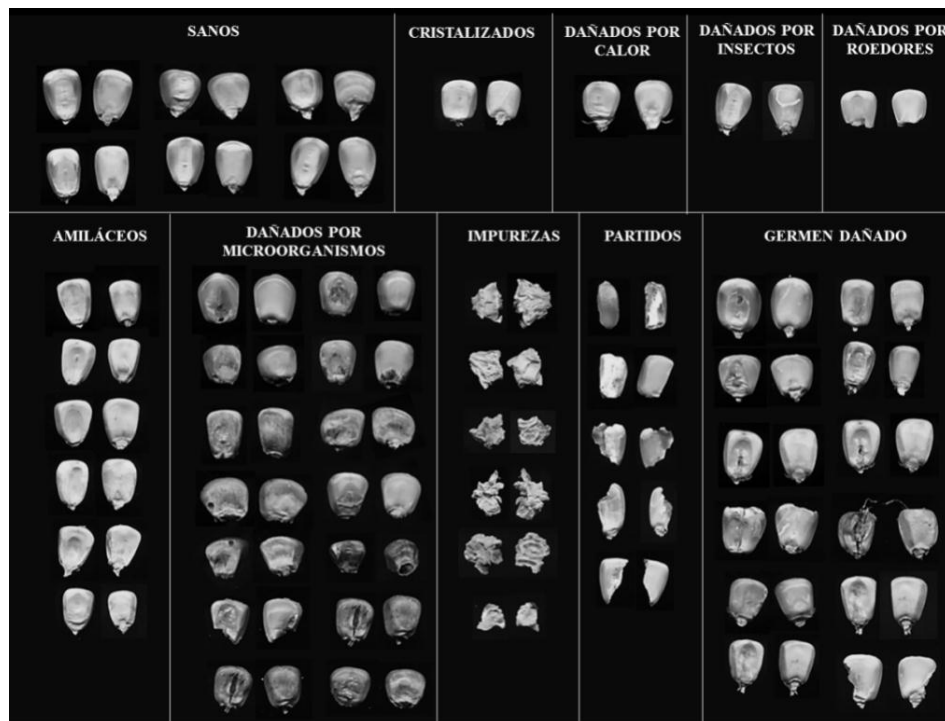
Variables		Tipo	
		Blanco	Amarillo
Media ponderada de definiciones percibidas por los analistas	N° de definiciones totales asignadas por los analistas	0,37**	0,12 ns
Concordancia relativa (%)	N° de definiciones asignadas por los analistas	-0,73**	-0,64**
Concordancia relativa (%)	Media ponderada de definiciones percibidas por los analistas	-0,53**	-0,35**
Frecuencia de moda (%)	N° de definiciones asignadas por los analistas	-0,70**	-0,55**
Frecuencia de moda (%)	Media ponderada de definiciones percibidas por los analistas	-0,55**	-0,35**
Frecuencia de moda (%)	Concordancia relativa (%)	0,99**	0,97**

**Significativo para $P \leq 0,01$ según la correlación de Spearman; ns: no significativo

La concordancia relativa y frecuencia de moda estuvieron correlacionadas positivamente ($P \leq 0,01$) y, éstas a su vez, se correlacionaron negativamente ($P \leq 0,01$) con las definiciones asignadas y la media ponderada de las definiciones percibidas por los analistas. Esto podría explicarse, por ejemplo, cuando los analistas percibieron un alto número de definiciones de grano en una muestra, la sumatoria de definiciones asignadas por ellos fue superior y

obtuvieron un menor número de respuestas coincidentes con la moda (frecuencia de moda), afectando negativamente los niveles de acuerdo. En contraste, cuando los analistas percibieron una o pocas definiciones en una muestra presentaron un mayor grado de acuerdo para definirla.

Las imágenes con los mayores valores de moda se presentan en las Figuras 7 y 8 como referenciales para todas las definiciones asignadas en las muestras de grano blanco y amarillo.

**Figura 7.** Tabla referencial de imágenes para definiciones de granos de maíz blanco

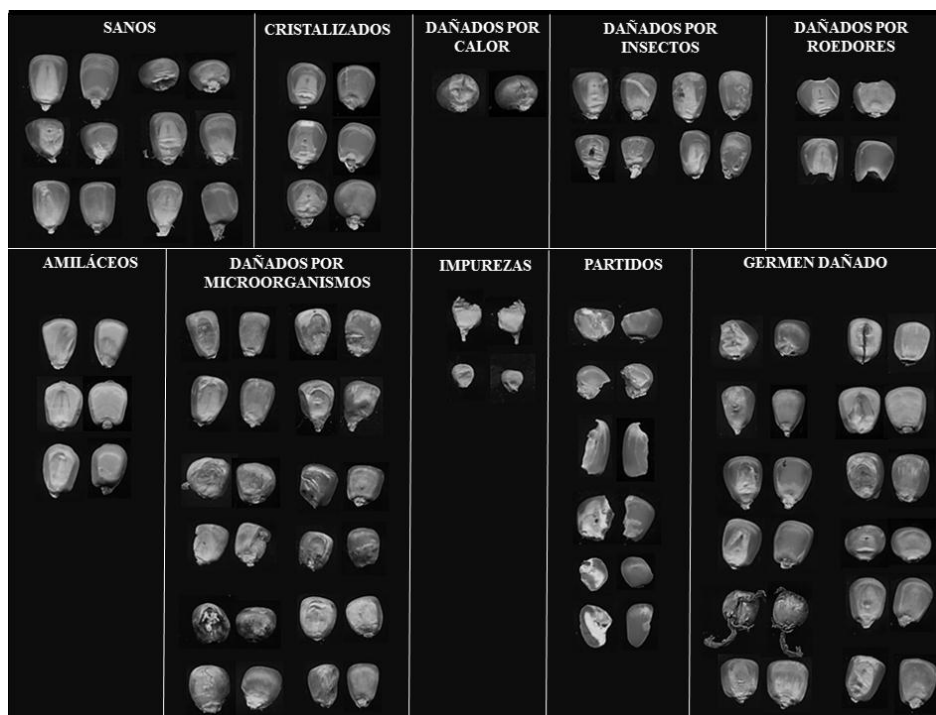


Figura 8. Tabla referencial de imágenes para definiciones de granos de maíz amarillo

DISCUSIÓN

La distribución de las imágenes, conforme a los valores de moda, indicó que los analistas asignaron todas las definiciones de granos establecidas para las evaluaciones de imágenes de maíz blanco y amarillo, excepto los granos quemados. La baja proporción de imágenes sin moda y alta proporción de imágenes con frecuencias de moda superiores a 50 %, demostraron que los analistas lograron establecer definiciones dominantes lo cual contribuyó positivamente con su exactitud.

La norma venezolana de maíz para uso industrial, indica que los granos destinados al procesamiento no deben presentar daños principalmente por microorganismos debido los posibles efectos asociados a la salud de los consumidores (COVENIN, 1987). Por ello, la confiabilidad en que los analistas puedan diferenciar las definiciones de granos sanos, dañados por microorganismos y con germen dañado resulta importante.

En el presente estudio, la alta incidencia de imágenes con modas correspondientes a las definiciones antes mencionadas es indicativo de que la mayoría de los analistas observaron las

diversas formas que éstas se expresan en el grano, lo cual pone de manifiesto sus capacidades discriminativas en términos de calidad e inocuidad. El resto de las definiciones de moda, fueron menos frecuentes y probablemente no presentaron todas sus expresiones y extensiones en el grano, incluyendo aquellas susceptibles a ser confundidas con otras definiciones.

Las frecuencias de moda y concordancias relativas indicaron que los analistas presentaron diferentes niveles de acuerdo para la definición de las imágenes. Las imágenes que alcanzaron un elevado número de definiciones revelaron la existencia de analistas discrepantes con la moda, lo que explica la disminución de la frecuencia de moda y de la concordancia relativa entre analistas. Las diversas definiciones adquiridas en ciertas imágenes de grano pueden ser atribuidas al tipo de maíz y la naturaleza subjetiva del análisis visual del grano, conforme a lo señalado por Castillo y Gaviria (2000); además de la cantidad de definiciones que fueron observadas, su extensión en el grano y a la calidad de la imagen (resolución, color, brillo y contraste), de acuerdo al monitor utilizado por el analista para la evaluación.

A pesar de que ciertas imágenes pueden

expresar más de una definición, algunas definiciones resultan excluyentes de otras. En el presente estudio se encontraron imágenes definidas por algunos analistas como granos sanos, mientras que otros las identificaron como granos dañados por microorganismos que en términos de inocuidad son consideradas mutuamente excluyentes conforme lo indicado por COVENIN (1987). Este hecho constituye una discrepancia crítica en ciertos analistas y podría favorecer a la ocurrencia de errores tipo I y II al momento de valorar la calidad de la muestra.

La diferencia de los valores generales de *kappa* entre los tipos de maíz fue de apenas 0,02. Sin embargo, se obtuvo una mejor tipificación de la concordancia entre analistas para el maíz blanco. Lo anterior puede ser atribuido a que las imágenes de granos blancos ofrecen un mejor contraste de color para numerosas definiciones, mientras que en los granos amarillos eventualmente se podrían enmascarar ciertos tipos daños.

Las diferencias de *kappa* en grupos por años de experiencia fue inferior a los encontrados entre los grupos intralaboratorio, y mostraron ligeros incrementos con los años de experiencia de los analistas para las imágenes de maíz amarillo (Cuadro 3). La diferencia de los coeficientes entre los grupos intralaboratorio se distribuyó en la mayoría de las tipificaciones de concordancia entre analistas. Estos resultados indican, salvo en algunos casos, que los analistas comparten criterios de evaluación similar dentro de cada laboratorio, pero no siempre resultan concordantes entre laboratorios. Las definiciones del grano de maíz utilizadas en el estudio forman parte de una normativa nacional estándar, basada en descripciones o conceptos, pero sin referencias fotográficas u otras ilustraciones complementarias que pudieran brindar una mejor orientación al analista. Por otra parte, algunos laboratorios indicaron que aplican pruebas intralaboratorio para la evaluación visual del grano, como estrategia de aseguramiento de confiabilidad de resultados, conforme la norma ISO 17025 (ISO, 2005); sin embargo, ninguno declaró la participación en programas interlaboratorio. Esto podría explicar discrepancias entre laboratorios, adicionales a la subjetividad propia del análisis visual.

Los analistas presentaron diferentes niveles de exactitud basado en sus aciertos con la moda,

algunos analistas mostraron un adecuado desempeño para evaluar ambos tipos de maíz y otros mostraron mayores aciertos con la moda para un solo tipo de maíz con el cual quizá esté más familiarizado. Finalmente, un grupo reducido de analistas presentó un bajo nivel de aciertos con la moda para ambos tipos de maíz, esto probablemente pudo afectar el grado de concordancia.

Las correlaciones indicaron que los analistas presentan alto grado de concordancia o reproducibilidad cuando las imágenes presentan pocas definiciones y donde una de ellas es expresada con alta frecuencia. En contraste, cuando los analistas perciben un mayor número de definiciones en el grano suelen presentar criterios divergentes al momento de definirlo, lo cual afecta negativamente el grado de acuerdo entre analistas.

No se encontraron estudios interlaboratorio de evaluación visual de grano de maíz para establecer comparaciones del desempeño de los analistas. Sin embargo, nuestro estudio presentó valores inferiores de *kappa*, concordancia y aciertos con la moda a los encontrados en arroz por Ávila et al. (2012). Estos autores, al evaluar la asignación de cuatro definiciones posibles en granos de arroz pulido con diez analistas de Latinoamérica, utilizando imágenes digitales, encontraron un coeficiente de 0,49 (“moderado”) e indicaron que el 53,4 % de las imágenes evaluadas presentaron concordancias relativas entre analistas superiores a 62,2 %, donde la mayoría de los analistas presentaron niveles de aciertos entre 60 y 90 %. Las diferencias encontradas entre ambos estudios pueden estar supeditadas, en gran medida, al número de analistas empleados así como el número de posibles definiciones a ser asignadas, aparte de las características inherentes al tipo de grano utilizado.

Las imágenes de granos de las Figuras 7 y 8 generadas a partir de la selección imágenes con todas las definiciones se propone como un referencial complementario a la normativa de evaluación del grano de maíz para uso industrial. Esta puede ser utilizada para uniformizar los criterios de evaluación, durante el adiestramiento de analistas o verificar las definiciones de algunos granos en caso de dudas.

El uso de imágenes digitales en una evaluación visual, constituye una alternativa fácil y rápida para evaluar la competencia técnica de los

analistas, sin las limitaciones asociadas a la replicación de muestras físicas entre laboratorios como gastos de envío o deterioro del grano. Una de las desventajas encontradas en las imágenes fue la disposición del grano sobre el escáner la cual no permitió capturar aquellas definiciones que pudieron ser expresadas en los laterales del grano.

CONCLUSIONES

Al evaluar imágenes de grano los analistas de laboratorios venezolanos presentaron un nivel de concordancia $kappa$ de 0,42 (“moderado”) en maíz blanco y 0,40 (“discreto”) en maíz amarillo. Las mayores proporciones de analistas se enmarcaron dentro del rango de aciertos con la moda o definición más frecuente comprendido entre 50 % y 75 % para los dos tipos de maíces evaluados. El tipo de grano (color) y número de definiciones percibidas y grupos intralaboratorio expresaron diferentes niveles concordancia entre analistas.

Los años de experiencia de los analistas no estuvieron asociados de manera consistente con el grado de concordancia para la evaluación de las imágenes. Estos resultados ponen de manifiesto la necesidad de armonizar los criterios de evaluación sobre todo en los granos donde se perciben más de una definición que involucren factores de calidad industrial o riesgos a la salud de los consumidores.

El estudio interlaboratorio y el uso de referencial de imágenes propuestas son herramientas que pueden ser utilizadas con fines de verificar y mejorar continuamente la competencia técnica de los analistas en Venezuela y pueden ser reproducidas en países donde apliquen evaluaciones visuales para valorar la calidad del grano de maíz.

AGRADECIMIENTO

A Alimentos Polar Comercial (Planta Turmero, Planta Chivacoa y Planta Monagas), ASOPORTUGUESA, ASOPRUAT, Fundación CIEPE, Fundación Danac, INDELMA, MONACA, PAICA y PROVENCESA, por la disposición de sus analistas de laboratorio para hacer posible el presente estudio, y a William López por la captura de las imágenes del grano.

LITERATURA CITADA

1. Ávila M. 2012. Caracterización de dureza de grano de maíces cultivados en Venezuela. España. Editorial Académica Española. 124 p.
2. Ávila, M., E. Graterol, J. Alezones, B. Criollo, D. Castillo, V. Kuri et al. 2012. Concordancia entre analistas de laboratorios de Latinoamérica para la determinación de la apariencia de grano de arroz pulido mediante el uso de imágenes digitales. Archivos Latino-Americanos de Nutrición 62(2): 179-184.
3. Cartay, R. 2000. El consumo de maíz en Venezuela. In: El maíz en Venezuela. Fundación Polar (ed.). Caracas. pp. 439-529.
4. Castillo, A. y J. Gaviria. 2000. Molinería de arroz en los trópicos. Ediagro LDTA. Bogotá. 268 p.
5. Chavarri, M., O. Luzón, C. Mazzani, C. González, J. Alezones y M. Garrido. 2009. Mohos toxigénicos y micotoxinas en maíz de grano blanco cosechado bajo riego en los estados Yaracuy y Portuguesa, Venezuela. Fitopatología Venezolana 22: 2-7.
6. COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales). 1987. Norma COVENIN 1935-87. Maíz para uso industrial. Venezuela.
7. Dotta, G. 2008. Calidad de grano de arroz: En camino hacia la uniformidad en el criterio analítico. Revista Arroz 55: 21-30.
8. EMEN (El mundo Economía y Negocios). 2013. El 40 % del maíz para las arepas es importado. <http://www.elmundo.com.ve/noticias/economia/agro/> (consulta del 15/02/2017).
9. Futrell, D. 1995. When quality is a matter of test, use reliability indexes. Quality progress 28: 81-87.
10. Landis, J. y G. Koch. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics 33: 159-123.
11. Lemus, D., M. Maniscalchi, V. Vera, J. De Freitas y A. Sangermano. 2007. Presencia de aflatoxinas y hongos aflatoxigénicos en maíz amarillo tipo duro clase I de la zona nororiental de Venezuela. Revista Saber 19: 43-49.
12. ISO (International Organization for Standardization). 2005. Norma ISO

- 17025:2005. Requisitos en el área para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. Geneva, Suiza.
13. Oryza. 2011. What makes rice chalky? Are U.S. hybrid varieties connected to chalkiness? We ask experts. Tell us what by dailynews. <http://oryza.com/RiceNews/13040.html> (consulta del 15/02/2017).
14. Peraica, M., B. Radic, A. Lucic y M. Pavlovic. 1999. Toxic effects of mycotoxins in humans. Bulletin of the World Health Organization 77: 754-766.
15. Ranum, P., J. Peña-Rosas y M. Garcia-Casal. 2014. Global maize production, utilization, and consumption. Annals of the New York Academy of Sciences 1312: 105-112.
16. Turner, N., S. Subrahmanyam y S. Piletsky. 2009. Analytical methods for determination of mycotoxins: a review. Analytica Chimica Acta 632: 168-180.
17. US Grains Council. 2013. Corn Harvest Quality report 2012-2013. <https://grains.org/sites/default/files/> (consulta del 12/02/2017).
18. Zain M. 2011. Impact of mycotoxins on humans and animals. Journal of Saudi Chemical Society 15: 129-144.