

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

Desarrollo de una escala colorimétrica digital de triple estímulo para grano de frijol rojo centroamericano

Proyecto especial presentado como requisito parcial para
optar al título de Ingeniero en Agroindustria en el Grado'
Académico de Licenciatura.

Presentado por

Hugo Geremías Melgar Flores

Honduras
Diciembre, 2004

RESUMEN

Melgar, Hugo. 2004. Desarrollo de una escala colorimétrica digital de triple estímulo para grano de frijol rojo centroamericano. Proyecto Especial de Graduación del Programa de Ingeniería en Agroindustria. Zamorano, Honduras. 24p

El Programa de Investigación en Frijol (PIF) de Zamorano ha estado involucrado en la generación de variedades que posean granos con el tamaño, color, tono y brillo que demandan productores, comerciantes, procesadores y consumidores de Centroamérica y Estados Unidos. Para acelerar el proceso de selección es necesario disponer de un método objetivo, consistente y preciso que cuantifique variaciones de color del frijol para complementar con los métodos subjetivos actuales. El objetivo de este estudio fue establecer una metodología colorimétrica para evaluar cuantitativamente el frijol rojo de acuerdo a las exigencias del mercado. Se evaluaron las variedades comerciales Paraisito, Seda, Desarrural, Amadeus 77, Tío Canela 75, Don Silvio y colorado Teopisca, utilizadas por el Programa de Investigación de Frijol. Las mediciones de color se realizaron con el instrumento colorimétrico ColorFlex HunterLab de triple estímulo $L^*a^*b^*$. Se realizaron pruebas sensoriales con las mismas variedades para comparar el análisis visual con el instrumento colorimétrico y según el análisis estadístico se puede concluir que el colorímetro detectó diferencias de coloración, claridad y tono del grano que los panelistas no tuvieron la capacidad de detectar. Se desarrolló una escala colorimétrica digital con rangos de 1-9 donde 1 es el valor para un frijol rojo claro brillante como demanda el mercado y 9 es un color bastante oscuro no comercial. La escala colorimétrica se desarrolló con base en la escala de color triple estímulo $L^*a^*b^*$ y se validó evaluando líneas potenciales de liberación al mercado. A partir de la escala digital desarrollada, se diseñó una cartilla de color para evaluar el color del grano de una forma visual.

Palabras clave: ColorFlex HunterLab, color cuantificable, variedades comerciales

CONTENIDO

	Portadilla.....	i
	Autoría.....	ii
	Página de firmas.....	iii
	Dedicatorias.....	iv
	Agradecimientos.....	v
	Agradecimiento a patrocinadores.....	vi
	Resumen.....	viii
	Contenido.....	x
	Índice de cuadros.....	xiii
	Índice de figuras.....	xiv
	Índice de anexos.....	xv
1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2	ANTECEDENTES.....	2
1.3	JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4	LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	2
1.5	OBJETIVOS.....	3
1.5.1	Objetivo General.....	3
1.5.2	Objetivos Específicos.....	3
2.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1	COLOR.....	4
2.2	IMPORTANCIA DEL COLOR DEL FRIJOL.....	4
2.3	CLASES DE GRANO SEGÚN PROPUESTA DE NORMAS DE CALIDAD DE GRANO PARA CENTROAMÉRICA (CITESGRA).....	5
2.4	EV ALUACIÓN DE COLOR EN EL PROGRAMA DE INVESTIGACIONES EN FRJOL DE ZAMORANO.....	6
	COLORFLEX HUNTER Lab.....	6
2.5	ANÁLISIS FÍSICO.....	7
2.6	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	7
2.7	Repeticiones.....	7
2.7.1	PRUEBAS ESTADÍSTICAS.....	8
2.8	Pruebas Orientadas al Producto.....	8
2.9.1	Pruebas de Ordenamiento para evaluar Intensidad.....	8
2.9.2		

3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
3.1	MATERIALES.....	9
3.2	MÉTODOS... ..	9
3.2.1	Diseño Experimental.....	9
3.2.2	Análisis colorimétrico Colorflex HunterLab.	9
3.2.3	Análisis Sensorial... ..	10
3.2.4	Cartilla de Color... ..	10
4.	RESULTADOS y DISCUSIÓN.....	11
4.1	ANÁLISIS COLORIMÉTRICO COLORFLEX HUNTERLab.....	11
4.2	ANÁLISIS SENSORIAL.... ..	15
5	CONCLUSIONES	16
6	RECOMENDACIONES	17
7	BIBLIOGRAFÍA	18
8	ANEXOS	19

1. INTRODUCCIÓN

Los seres humanos vivimos inmersos en un mundo de color, tanto es así que asociamos a códigos de colores los objetos, entornos y paisajes que tenemos a nuestro alrededor. Así también nos ocurre con los alimentos. En efecto, el color es la primera sensación que se percibe y la que determina el primer juicio sobre la calidad. Es también un factor importante dentro del conjunto de sensaciones que aporta el alimento, y tiende a veces a modificar subjetivamente otras sensaciones como el sabor y el olor.

Según Rodríguez (2003), diversos estudios han demostrado que la aceptación de un producto por parte del consumidor depende en buena medida de su apariencia y por tanto, también de su color. Las preferencias por el color de los alimentos, por ser éste precisamente un factor subjetivo, no son las mismas para cada persona, y varían según las regiones, países, edades u otros factores.

Según Bourne (2002), las propiedades cualitativas de los alimentos son esenciales, ya que son los factores de los cuales se vale el consumidor para tomar una decisión de compra. Los cuatro factores cualitativos de mayor importancia en los alimentos son la apariencia, el sabor, la textura y la nutrición. La apariencia comprende el color, tamaño, forma y brillo.

1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Debido a muchos factores de variación al evaluar el color del grano de frijol, y las crecientes exigencias del mercado, se ve la necesidad de desarrollar un procedimiento que sea cuantificable, seguro, fácil de verificar y se encuentre debidamente documentado. El Programa de Investigación en Frijol (PIF) de Zamorano está involucrado en la generación de variedades que sean mejor aceptadas por los comerciantes y productores con base en color, un factor muy importante, ya que de este depende gran parte la elección de compra. Con estas variedades se desea incursionar en el mercado hondureño y expandir sus fronteras de comercialización a la región de Centro América y los Estados Unidos de Norteamérica; en este último, aprovechando el nicho de mercado de hispanos radicados en ese país y que prefieren frijoles de sus países de origen.

1.2 ANTECEDENTES

El Programa de Investigación en Frijol (PIF) de Zamorano actualmente cuenta con una escala de color de grano rojo que se utiliza para evaluar el valor comercial del grano en las líneas mejoradas después de la cosecha (Rosas, 2003). La escala utilizada es de 9 grados, donde el valor 1 representa una línea con grano rojo similar a la variedad Paraisito que es un frijol de color rojo brillante de tamaño pequeño con peso dé 100

de 2022g 9 una línea con grano rojo muy oscuro y no comercial. Una evaluación exitosa del o evaluado dependerá en gran parte de la experiencia del evaluador y su estado de ánimo. Otros factores externos que se deben tomar en cuenta como fuentes de variación al realizar dicha evaluación son las distracciones, iluminación, clima y ventilación, entre otras.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El Programa de Investigación en Frijol (PIF) de Zamorano ha estado involucrado en la generación de variedades que posean granos con el tamaño, color, tono y brillo que demandan productores, comerciantes y procesadores. El Programa se ve en la necesidad de mejorar las variedades existentes que presentan susceptibilidad a enfermedades y poco rendimiento, en el desarrollo de las nuevas variedades es necesario evaluar las líneas en mejoramiento para clasificar las que tienen un potencial comercial en cuanto a color, para dicha evaluación se utiliza una escala visual, pero esta es subjetiva ya que se compara con las variedades comerciales (paraisito, Seda, Desarrural, Amadeus 77, Tío Canela 75, Don Silvio; Dorado y Colorado Teopisca) y estas pierden color con el pasar del tiempo además al ser evaluadas por personas es muy difícil tener la misma apreciación de las variedades cada vez que se comparan, también estará determinada por varios aspectos incluyendo el estado de ánimo de los evaluadores, la incidencia de la luz sobre la muestra, el clima, el ambiente de trabajo, entre otros. Por ello se ve la necesidad de buscar una alternativa viable que permita cuantificar esta característica, para tener menos variación y dar resultados más precisos.

1.4 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Para el desarrollo de la escala colorimétrica solo se pudieron evaluar ocho variedades ya que no había disponibilidad de más variedades de color comercial disponible al momento del estudio.

La dificultad de movilizar a los panelistas a instalaciones adecuadas donde se pudo haber reducido el error experimental cuando se realizó el análisis sensorial.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

Establecer una metodología para medir cuantitativamente las variedades de frijol rojo una vez que estas han sido mejoradas y ubicarlas en un rango de color adaptado a las exigencias del mercado.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Analizar el color del grano de ocho variedades de frijol del Programa de Investigación en Frijol de Zamorano con instrumento colorimétrico.
- . Realizar análisis sensorial para medir variaciones en el color de grano de frijol rojo
- Establecer una escala estándar para medir las variaciones de intensidad de color frijol rojo.
- Crear una cartilla de color para identificar las líneas mejoradas de frijol de una forma visual de comparación.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 COLOR

El color de un objeto no es una propiedad del mismo, ni una luz. Es el efecto de un estímulo sobre la retina, que el nervio óptico transmite al cerebro donde este último lo integra. Generalmente, el estímulo consiste en una luz reflejada (o transmitida) por el objeto, a partir de una iluminación incidente. Los físicos con la ayuda de instrumentos (fotómetros, colorímetros) han buscado definir, medir y comparar los colores de una manera objetiva. Sus observaciones se hacen generalmente sobre soluciones transparentes, claras (pueden obtenerse por extracción de un alimento sólido) en las que se mide la absorbancia o transmitancia; cuando se trata de superficies planas, mates (y no brillantes) opacas (y no translúcidas), de pigmentación homogénea, se mide la reflectancia (Cheftel *et al.*, 1983).

Los objetos modifican la luz. Los colorantes, como los tintes y pigmentos, al aplicarlos al objeto, absorben selectivamente unas longitudes de onda de la luz incidente mientras que reflejan o transmiten sus complementarias (HunterLab, 2000)

2.2 IMPORTANCIA DEL COLOR DEL FRIJOL

Con el desarrollo de una escala colorimétrica digital se pueden establecer parámetros cuantitativos para medir el color del grano y que el precio sea pagado de una forma justa a lo largo de la cadena de producción y procesamiento hasta que llegue al consumidor final. Para el Programa de Investigación en Frijol el desarrollo de la escala servirá para acelerar el proceso y tener un método más certero de selección de estas variedades de color que demanda el mercado centroamericano. Las impresiones sensoriales de los consumidores de alimentos comienzan en el lugar de compra, donde la selección de alimentos está determinada por los sentidos de la vista, olfato, tacto y en algunos casos el gusto. Una de las características del frijol que más influye en la elección de compra es el color del grano. El precio está directamente ligado a esta característica física. Las variaciones que existen en el precio del frijol están ligadas también a la oferta y la demanda. Cuando la oferta sobrepasa la demanda el precio de frijol decrece y el color es un parámetro que se vuelve clave, ya que la selección de esta característica se vuelve más exigente. Son muchos los esfuerzos que se realizan para incrementar la producción de frijol rojo de variedades criollas ya que son las más preferidas en El Salvador, Honduras y Nicaragua. El grano de estas variedades criollas es de color rojo claro (llamado comúnmente "rosa"), brillante y de tamaño pequeño, con peso de 100 granos de 20-22 g. En estos países, los consumidores están dispuestos a pagar precios hasta un 20% más alto, sobre el precio de frijol rojo de tono más oscuro (Cuadro 1).

Cuadro 1. Precios promedio (en US \$) por 45 kg de frijol Rojo de Seda y Retinto en Honduras, El Salvador y Estados Unidos.

Clase	Granel (8)		Clasificado y embolsado ^(b)	
	Honduras	Honduras	El Salvador	Estados Unidos
Rojo de Seda	17.2	38.9	45.0	158.0
Retinto	14.0	32.7	36.5	126.0

Fuente: Bueso (2004).

(8) Precio al por mayor en Diciembre del 2003 en Tegucigalpa. (b) Precio de frijol embolsado de calidad regular en supermercado.

2.3 CLASES DE GRANO SEGÚN PROPUESTA DE NORMAS DE CALIDAD DE GRANO PARA CENTROAMERICA (CITESGRAN).

La clasificación de grano, según propuesta del Centro Internacional de Tecnología de Semillas y Granos (CITES GRAN, 1995), que surgió a partir de una reunión regional de expertos para revisar las normas vigentes y su actualización de acuerdo a los requisitos actuales del mercado en los países de la región centroamericana. La clase de grano, se refiere a las características físicas del grano en cuanto al color y brillo de su cutícula.

Grano rojo común brillante. Es todo grano de-frijol que tiene la cutícula de color rojo común brillante en las diferentes variaciones de tonalidad de color, forma y tamaño.

Grano rojo común opaco. Es todo grano de frijol que tiene la cutícula de color rojo común opaco en las diferentes variaciones de tonalidad de color, forma y tamaño.

Grano rojo oscuro brillante. Es todo grano de frijol que tiene la cutícula de color rojo oscuro brillante en las diferentes variaciones de tonalidad de color, forma y tamaño.

Grano rojo oscuro opaco. Es todo grano de frijol que tiene la cutícula de color rojo oscuro opaco en las diferentes variaciones de tonalidad de color, forma y tamaño.

Grano negro brillante. Es todo grano de frijol que tiene la cutícula de color negro brillante en las diferentes variaciones de forma y tamaño.

Grano negro opaco. Es todo grano de frijol que tiene la cutícula de color negro opaco en las diferentes variaciones de forma y tamaño.

Grano contrastante. Es todo grano entero o pedazo de grano que tiene un color diferente al de los granos predominantes en la muestra.

Clase mezclado. Es todo grano entero o pedazo de grano del mismo color pero con diferente forma, brillo o tonalidad del color a los predominantes en la muestra.

2.4 EVALUACIÓN DE COLOR EN EL PROGRAMA DE INVESTIGACIONES EN FRIJOL DE ZAMORANO.

Para la evaluación del color del grano, se utiliza una escala en la cual cada valor tiene una variedad de frijol como referencia. Esto quiere decir que no hay un rango o un parámetro cuantitativo para cada valor y en caso de que se quiera evaluar una línea nueva se compara con las variedades ya establecidas. Las variedades que se utilizan como base de comparación de color son las que se muestran a continuación en el Cuadro 2. Paraisito que tiene un valor 1 representa el color más rojo y mas claro y así sucesivamente va bajando la tonalidad de rojo y claridad hasta llegar a colorado Teopisca con valor 8 que es la variedad menos roja y más oscura

Cuadro 2. Valor utilizado para medir color de grano de frijol rojo en el Programa de Investigaciones en Frijol de la Escuela Agrícola Panamericana.

Valor	Variedades
1	Paraisito
2	Seda
3	Desarrural
4	Amadeus 77
5	Tio Canela 75
6	Don silvio
7	Dorado
8	Colorado Teopisca
9	No comercial

2.5 COLORFLEX HUNTER Lab

El control de un producto a menudo se realiza monitoreando el color de éste. Mayormente los clientes juzgan la calidad de un producto por el color. HunterLab se especializa en aplicaciones de control de calidad y el resultado tiene que concordar con lo que las personas ven con sus ojos. El medidor Colorflex HunterLab es un aparato colorimétrico que tiene una escala de triple estímulo ($L^*a^*b^*$), el eje L^* mide claridad de 0-100 (0 = negro y 100 = blanco), a^* (negativo = verde, positivo = rojo), y b^* (negativo = azul, positivo = amarillo). Cada lectura obtenida da un valor para cada eje, lo cual puede detectar las diferencias de la muestra respecto a coloración, claridad y tono (HunterLab, 2000).

2.6 ANÁLISIS FÍSICO

Las propiedades cualitativas de los alimentos son esenciales, ya que son los factores de los cuales el consumidor se vale para tomar una decisión de compra. Los cuatro factores cualitativos de mayor importancia en los alimentos son: apariencia, color, tamaño, forma y brillo (Bourne, 2002).

Según DeMan (1999), el color, sabor y textura son muy importantes en la calidad de los alimentos y se han hecho muchos avances en los últimos años. Por ello la ciencia de los alimentos se ha visto en la necesidad de medir las propiedades físicas de estos y se han desarrollado nuevas tecnologías para estandarizar y uniformizar la calidad.

2.7 DISEÑO EXPERIMENTAL

Los diseños experimentales son planes arreglados o una secuencia de pasos para organizar, llevar a cabo y analizar los resultados de un experimento. Un diseño experimental apropiado y eficiente debe ser escogido para asegurar la confiabilidad de los datos y resultados de la prueba. El diseño es seleccionado con base en los objetivos del estudio, los procedimientos y las condiciones de prueba, los recursos disponibles y el tipo de estadística a ser utilizado (Watts *et al.*, 1989).

2.7.1 Repeticiones

La repetición de un experimento supone el reproducir el experimento, bajo condiciones idénticas. La repetición proporciona un estimado del error experimental y aumenta la confiabilidad y validez de los resultados de la prueba. El número de repeticiones de un experimento varía y a menudo está determinado por las limitaciones de tiempo, costo y selección de muestras. Por lo general, mientras mayor sea el número de repeticiones, mejor será el estimado del error experimental y más confiables serán los resultados de la prueba (Watts *et al.*, 1989).

2.8 PRUEBAS ESTADÍSTICAS

Según Watts *et al.*, (1989) existen pruebas de comparación múltiple de medias, que se realizan para identificar muestras que difieren entre sí, una vez que se ha confirmado la presencia de diferencias estadísticas mediante análisis de varianza. Algunas de las pruebas múltiples, tales como la nueva prueba de rangos múltiples de Duncan, la prueba de Tukey, la prueba de la menor diferencia significativa (LSD) y la prueba de Scheffe, están disponibles. De éstas, la prueba de LSD es la más liberal, seguida de las pruebas de Duncan, Tukey y Scheffe. Por lo tanto, el uso de la prueba LSD hará más probable que se encuentren diferencias significativas entre dos muestras; sin embargo, ésta también puede identificar diferencias que en realidad no existen. La prueba de Scheffe, por otra parte, es bastante cautelosa o conservadora y puede no encontrar diferencias cuando éstas en realidad existen. Las pruebas de Duncan y Tukey son consideradas ni muy liberales ni muy conservadoras.

2.9 ANÁLISIS SENSORIAL

El análisis sensorial es una ciencia multidisciplinaria en la que se utilizan panelistas humanos que utilizan los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído para medir las características sensoriales y la aceptabilidad de los productos alimenticios y de muchos otros materiales. No existe ningún instrumento que pueda reproducir o reemplazar la respuesta humana; por lo tanto, la evaluación sensorial resulta un factor esencial en cualquier estudio sobre alimentos. El análisis sensorial es aplicable en muchos sectores, tales como desarrollo y mejoramiento de productos, control de calidad, estudios sobre almacenamiento y desarrollo de procesos (Watts *et al.*, 1989).

2.9.1 Pruebas Orientadas al Producto

Las pruebas orientadas al producto, son utilizadas comúnmente en los laboratorios de alimentos; incluyen las pruebas de diferencias, pruebas de ordenamiento por intensidad, pruebas de puntajes por intensidad y pruebas de análisis descriptivo. Estas pruebas siempre se llevan a cabo utilizando paneles de laboratorio entrenados (Watts *et al.*, 1989).

2.9.2 Pruebas de Ordenamiento para Evaluar Intensidad

En las pruebas de ordenamiento por intensidad, se requiere que los panelistas ordenen las muestras de acuerdo a la intensidad perceptible de una determinada característica sensorial. Las pruebas de ordenamiento pueden indicar si existen diferencias perceptibles en la intensidad de un atributo entre diferentes muestras, aunque no dan información sobre la magnitud de la diferencia entre dos muestras. Las muestras colocadas en el rango primero y segundo por ejemplo, podrían tener una diferencia de intensidad pequeña pero fácilmente perceptible, mientras que las colocadas en el rango segundo y tercero, podrían tener una gran diferencia en la intensidad del atributo. Esta diferencia no sería indicada por esta prueba (Watts *et al.*, 1989).

3. MATERIALES Y-MÉTODOS

El estudio fue realizado en el Centro de Evaluación de Alimentos «:EA) de la Escuela Agrícola Panamericana, para el análisis sensorial hubo necesidad de movilizarse a las bodegas del mercado Zona! Belén, Tegucigalpa, Honduras

3.1 MATERIALES

- Se utilizaron las variedades Paraisito, Seda, Desarrural, Amadeus 77, Tío Canela 75, Don Silvio; Dorado y Colorado Teopisca.
- Colorímetro Colorflex HW1terLab Reston, VA.
- Programa estadístico "Statistical Analysis System" (SAS@) v. 8.2.
- Programa de conversiones de color "Easy RGB-PC" v. 20win.
- Programa de diseño "Adobe Ilustrador" v. 11.
- Programa Microsoft Office 2003.
- Recipientes plásticos para muestras.
- Boletas para prueba de ordenamiento.

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Diseño Experimental

- Se realizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con ocho variedades y nueve repeticiones por cada variedad.
- Análisis de Varianza (ANDEV A).
- Modelo lineal general(GLM)
- Prueba de separación de medias por la prueba "Tukey studentized range" (HSD).
- Se utilizó un mínimo de significancia 5%

3.2.2 Análisis colorimétrico ColorOex Hunterlab

- Se colocaron las muestras en un recipiente plástico.
- Se tomó una sub-muestra con la copa especial transparente del ColorFlex.
- Se colocó la copa con la sub-muestra en la región de lectura de color del Colorflex.
- Se corrió el software, para el análisis de la muestra.
- Se tomaron los datos de L^* a^* b^*
- Se ordenan los datos en el Programa de calculo Microsoft Office Excel.
- Se analizaron los datos utilizando el programa estadístico "Statistical Analysis System" (SAS@).

3.2.3 Análisis Sensorial

- Se midió el color de ocho variedades de frijol (paraisito, Seda, Desarrural, Amadeus 77, Tío Canela 75, Don Silvio; Dorado y Colorado Teopisca) con base en pruebas orientadas al producto entre comerciantes, con un análisis sensorial denominado Prueba de Ordenamiento (Anexo 1).
- Las ocho muestras fueron presentadas en pequeños recipientes idénticos, codificados con números aleatorios de tres dígitos.
- A cada muestra se le asignó un número de código diferente. . Todas las muestras se entregaron simultáneamente a cada panelista, en un orden aleatorio.
- Se permitió que los panelistas evaluaran las muestras cuantas veces fuese necesario, para compararlas entre si.
- Los valores de posición otorgados a cada muestra por los panelistas se tabularon y se procedió a interpretar los valores totales obtenidos.
- Para el análisis de los datos obtenidos se utilizó la tabla de diferencias críticas absolutas de la suma de rangos para las comparaciones a un nivel de significancia de 5% (Anexo 4).

3.2.4 Cartilla de Color

- Para realizar la cartilla de color se tomaron los valores medios propuestos de $L^*a^*b^*$ del Cuadro 4 y se convirtieron a una escala de valores "Red Green Blue" (RGB).
- Estos datos fueron convertidos de la escala $L^*a^*b^*$, a una escala RGB con un programa de conversiones llamado "Easy RGB-PC".
- Los datos convertidos a la escala RGB fueron ingresados a un programa llamado "Adobe Ilustrador" y posteriormente se diseñó la cartilla de color que servirá para evaluar visualmente la intensidad de color del grano de frijol.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS COLORIMÉTRICO COLORFLEX HUNTER Lab

Estos análisis fueron realizados con el objetivo de documentar los resultados para dejar una base de datos que soporten estudios posteriores y se puedan utilizar como estándar para resultados de nuevos análisis de frijol rojo que se realicen en el futuro.

El análisis del Cuadro 3 nos muestra que los valores del eje a^* son los resultados que más nos interesan en este estudio ya que estos nos indican la intensidad de color rojo en las muestras evaluadas, pero el eje L^* también es importante ya que nos indica la intensidad de negro que presenta cada variedad.

Según el análisis de separación de medias, Paraisito y Seda resultaron ser las variedades de rojo más claro, mientras que Colorado Teopisca y Dorado fueron las variedades más oscuras. Seda, Desarrural y Amadeus 77 no son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$) en color rojo. Esto indica que estas tres variedades deben compartir un mismo valor de la escala.

Las variedades que son estadísticamente diferentes a las otras por su valor mínimo de significancia (en el Cuadro 3 se diferencian por sus respectivas letras), no compartirán el mismo valor en la escala del 1-9, mientras que las que no son estadísticamente diferentes compartirán un mismo valor de la escala.

Cuadro 3. Resultados de análisis colorimétrico ColorFlex HunterLab analizado con el programa "Statistical Analysis System" (SAS@) con una separación de medias por la rueba Tuke

Variedades	L^*	a^*	b^*
Paraisito	20.6744 atJ	13.4156 A	3.4989 a
Seda	19.8300 b	12.5489 Ab	3.0333 b
Desarrural	18.5600 e	11.8689 B	2.9011 b
Amadeus 77	19.6867 b	11.7622 B	2.5167 e
Tío Canela 75	16.0011 e	6.8256 E	1.5333 d
Don Silvio	16.9089 d	4.5822 D	1.2289 d
Colorado Teopisca	15.7633 e	3.4611 E	0.8133 e
Dorado	16.1011 e	2.7156 E	0.5256 e
HSD 0.05 mínimo de significancia	0.611	1.0756	0.3244

Los valores de $L^*a^*b^*$ en la misma columna seguidos por diferente letra son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

L^* : 0-100 (0 es más negro y 100 es más blanco).

a^* : (positivo = rojo, negativo = verde).

b^* : (positivo = amarillo, negativo = azul).

El Cuadro 4 nos muestra la escala propuesta que se obtuvo tomando los valores mayores de los ejes de L *a*b* obtenidos del análisis estadístico (Cuadro 3), se resto el mínimo de significancia obtenido de cada variable, para formar rangos en la escala de 1-9. Con esto se asegura que si en la evaluación del color de una o varias líneas mejoradas o variedades cae en un valor en el cual abarque el mínimo de significancia estas entrarían en un mismo valor de la escala.

A partir de los resultados del análisis de separación de medias por la prueba Tukey (Cuadro 3), se obtuvieron valores de las variedades, pero estos mostraron cierta variación en los rangos de una variedad con respecto a la otra. Por esto, se propuso la tabla que indica rangos de medias uniformes para que cualquier línea mejorada de color rojo pueda ser ubicada en su rango pertinente y ser distinguida por un valor que asigna la escala (Cuadro 4).

Los mínimos de significancia nos indican que si una variedad o línea mejorada cae dentro de un rango de la escala, o su mínimo de significancia, no hay diferencia estadística significativa que pueda asegurar que una es diferente de la otra; entonces se asume que estas son iguales en color y por ende están en una mismo valor de la escala de 1-9.

Cuadro 4. Propuesta de valores medios para una escala de L *a*b* para color de grano rojo y su mínimo de significancia.

Escala Propuesta	L*	a*	b*
1	20.6744	13.4156	3.4989
2	20.0563	12.3400	3.1745
3	19.4382	11.2644	2.8501
4	18.8201	10.1888	2.5257
5	18.2020	9.1132	2.2013
6	17.5839	8.0376	1.8769
7	16.9658	6.9620	1.5525
8	16.3477	5.8864	1.2281
9	15.7296	4.8108	0.9037
Mínimo de significancia	0.6181	1.0756	0.3244

L*: 0-100 (0 es más negro y 100 es más blanco).

a*: (positivo = rojo, negativo = verde).

b*: (positivo = amarillo, negativo = azul).

En el Cuadro 5 se muestra una tabla de rangos propuestos que se realizó para mayor facilidad al analizar datos obtenidos en el instrumento colorimétrico ColorFlex HunterLab ya que indica el valor mayor y menor en el cual puede fluctuar un valor de $L^*a^*b^*$ y seguir manteniendo el mismo valor de la escala del 1-9 mientras compartan el mismo rango. Estos rangos fueron obtenidos a partir .del mínimo de significancia de escala propuesta (Cuadro 4).

Cuadro 5. ProDuesta de rangos de color en una escala de $L^*a^*b^*$ para frijol de grano roJO.

Escala Propuesta	Ran20s					
	L1*	L2*	a1*	a2*	b1*	b2*
1	21.2925	20.0563	14.4912	12.3400	3.8233	3.1745
2	20.0562	19.4381	12.3399	11.2643	3.1744	2.8500
3	19.4380	18.8199	11.2642	10.1886	2.8499	2.5255
4	18.8198	18.2017	10.1885	9.1129	2.5254	2.2010
5	18.2016	17.6002	9.1128	8.0372	2.2009	1.8765
6	17.6001	16.9820	8.0371	6.9615	1.8764	1.5520
7	16.9819	16.3638	6.9614	5.8858	1.5519	1.2275
8	16.3637	15.7456	5.8857	4.8101	1.2274	0.9030
9	15.7455	15.1274	4.8100	3.7344	0.9029	0.5785

L*: 0-100 (O es más negro y 100 es más blanco).

a*: (positivo = rojo, negativo = verde).

b*: (positivo = amarillo, negativo = azul).

En el Cuadro 6 se muestra el análisis colorimétrico realizado a las líneas mejoradas proveniente del ensayo COV A 2004 con el instrumento colorimétrico ColorFlex HunterLab y el valor de la escala de 1-9 que ocupa según la tabla de rangos propuesta en el Cuadro 5. Esto sugiere que la mayoría de las líneas mejoradas de este ensayo, poseen un color de grano similar a la variedad criolla Seda (valor según escala propuesta).

Cuadro 6. Validación de propuesta de rangos de color en una escala de $L^*a^*b^*$ para frijol de grano rojo.

Valor según escala propuesta	Línea mejorada	L*	a*	b*
1	SRS6-6	20.825	14.635	3.525
1	MER-2226-41	21.155	14.125	3.540
1	SRC2-18-1	20.530	13.865	3.435
1	SRC2-21-5	20.450	12.960	3.385
1	SRCI-12-1-43	20.005	12.915	3.095
2	AMADEUS77	19.945	11.840	2.785
3	SRS-56-3	18.775	10.960	2.630

L*: 0-100 (O es más negro y 100 es más blanco).

a*: (positivo = rojo, negativo = verde).

b*: (positivo = amarillo, negativo = azul).

El Cuadro 7 nos muestra una tabla propuesta en una escala "Red Green Blue" RGB que fue convertida a partir de la escala L *a*b* de la escala propuesta de medias (Cuadro 4), con un programa de conversiones llamado "Easy RGB-PC". Estos datos se convirtieron a esta escala de RGB con el objetivo de realizar una cartilla de color, ya que la escala ROB es utilizada en los programas de diseño gráfico.

Cuadro 7. Tabla propuesta de "Red Green Blue" (RGB) convertida de valores de la tabla propuesta de valores medios de L *a*b* (Cuadro 4).

Escala propuesta	R	G	B
1	90	40	52
2	85	44	52
3	81	44	51
4	76	43	50
5	76	43	49
6	67	42	48
7	62	42	47
8	57	41	46
9	52	41	45

La Figura 1 nos muestra el diseño de la cartilla para evaluar color de frijol de una forma visual, que se elaboró con base en la escala digital propuesta de "Red Green Blue" ROB.

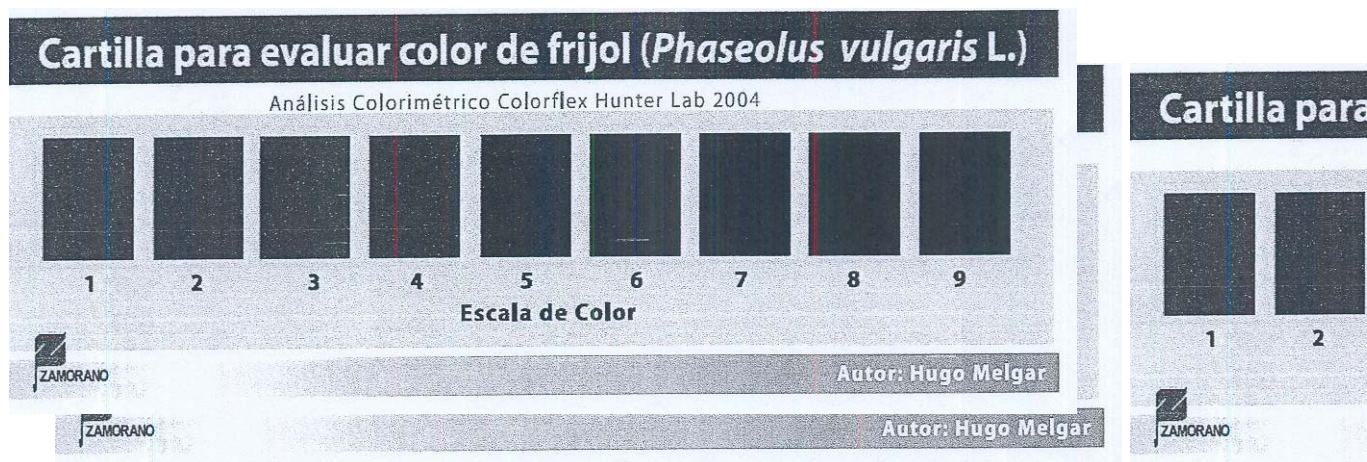


Figura 1. Diseño de cartilla visual para evaluar color de frijol rojo.

4.2 ANÁLISIS SENSORIAL

Después de haber realizado la prueba sensorial, los valores de posición otorgados a cada muestra, se tabularon y sumaron, como se muestra en el Anexo 2.

El análisis del Cuadro 8 nos muestra que en las comparaciones pareadas no existen diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las variedades de frijol rojo Paraisito, Seda, Desarrural y Amadeus 77. Tío Canela 75 y Don Silvio son iguales. Dorado y Colorado Teopisca también son iguales estadísticamente ($P > 0.05$).

Podemos mencionar que de toda la población de panelistas evaluados, sólo hicieron una diferenciación de dos grupos, las variedades más rojas y las menos rojas que son visualmente más oscuras.

Podemos agregar que son muchos los factores que afectan el análisis; tales como la intensidad de luz de las bodegas, el estado de ánimo de los panelistas, tiempo disponible y comodidad de espacio, entre otros.

Se puede observar en la tabulación (Anexo 3) que algunos de los panelistas, en su evaluación de ordenamiento de las líneas por intensidad de color rojo, coinciden con el resultado obtenido del análisis colorimétrico en el que está ordenado el color de la variedad más roja que es Paraisito, al color menos rojo que es Colorado Teopisca. Esto indica que hay personas que tienen muy buena percepción del color; pero la mayoría no puede captar estas diferencias de intensidad.

Cuadro 8. Resultados de la tabulación de los datos provenientes del análisis sensorial.

Código de prueba sensorial	Variedad	
302	Paraisito	a'''
406	Seda.	a
121	Desamurrall	
236	Amadeus 77	a
325	Tío Canela 75	b
145	Don Silvio	b
343	Dorado	c
157	Colorado Teopisca	c

"Variedades seguidas por diferente letra son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

El valor crítico tabulado para ($P > 0.05$), 40 panelistas y 8 muestras, de la tabla de diferencias críticas absolutas de la suma de rangos para las comparaciones a un nivel de significancia de 5% es de 67 (ANEXO 5).

Los panelistas no pudieron diferenciar las variaciones en las totalidades de Color como las detectó el instrumento colorimétrico.

Se estableció una escala estándar, que servirá como referencia para evaluar las líneas de frijol en mejoramiento después de la cosecha. Esta escala podrá servir también como estándar para evaluar el color del grano de frijol rojo en la región centroamericana.

Se creó una cartilla para evaluar el color del grano de una forma visual de comparación a partir de los valores obtenidos del análisis colorimétrico, la cual podrían tener a disposición los investigadores, productores, comerciantes y consumidores.

Todas las líneas mejoradas provenientes del COY A 2004 son potenciales para su liberación según la escala colorimétrica propuesta.

6. RECOMENDACIONES

Realizar un análisis colorimétrico que mida el efecto de la temperatura y humedad relativa de almacenamiento en el color del grano.

Normalizar la escala colorimétrica digital para evaluar color de grano en frijol rojo en las Instituciones que trabajan conjuntamente con el Programa de Investigación en Frijol de Zamorano.

En caso de que las preferencias de color del grano de frijol cambiaran, evaluar las nuevas variedades de preferencia, con el ColorFlex HunterLab y ubicarlas en la escala de color propuesta para tener nuevos rangos que determinen 10 que prefiere el consumidor final.

Facilitar a comerciantes y productores la cartilla visual para que estos puedan verificar el color del grano de las variedades con que ellos trabajan y sean más objetivos al realizar las negociaciones de compra y venta de las variedades.

Evaluar las variedades de frijol rojo del Banco de Germoplasma con que cuenta el Programa de Investigación en Frijol, para tener un inventario del color de las variedades.

7. BIBLIOGRAFIA

Bourne, M: 2002. Food Texture and VISCOSity. 2 ed. New York, U::)A. h01t. AcaOem1C Press. 427 p.

Bueso, J. 2004. Informe de Consultoría. Plan de Estímulo de la Producción de Frijol Rojo para Consumo Local y Exportación Usando Nuevas Variedades de Alto Rendimiento y ÜPL.1mP OOm.\!% 1~Qram~s. RiJS9fi~.. d~peJ1.9É--Y.le5nolqW~1-~2E~~2!!~~(Q~9T N:./} Propuesta de Normas de Calidad de Grano para Centroamérica. Zamorano, Honduras. 56p.

Cheftel, J.; Cheftel, H.; Besancon, P. 1983. Introducción a la bioquímica y tecnolobría de los alimentos. 2 ed. Trad. Francisco López Capont. Edit Acribia. Zaragoza. EspañaA04 p.

DeMan, J. 1999. Principles of Food ChemistIy. 3 ed. USA. Edit. Aspen Publication. 520 p.

HunterLab, 2000. Universal Software Version 4.0 and Above User's Manual. Hunter Associates Laboratory. Virginia, USA. 470 p.

Rosas, J. C. 2003. El Cultivo del Frijol Común en América Tropical. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.2da. Edición, hnprenta Litocom, Tegucigalpa, Honduras, 57 p.

Rodrlguez, M. 2003. El Color de los Alimentos. Consultado el 11 de Agosto de 2004 (en línea).Disponible en:
<http://www.consumaseguridad.com/web/es/investigacion/2002/10/09/3639.php#>
bibliografía.

SAS Institute !NC. 1998. SAS/STAT. CarryNC. EUA.

Watts, B. M.; Ylimaki, G. L.; Jeffery, L. E.; Elías, L. G. 1992. Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. Trad. Oficina de Traducciones, Secretaría de Estado, Canadá. Ottawa, Ontario, Canadá. CJID. 170 p.