

## Estimación de modelos de regresión entre el color y las propiedades fisicoquímicas del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.)

Estimated regression models between color and the physicochemical properties of aguaymanto (*Physalis peruviana* L.)

Hubert Luzdemio Arteaga Miñano<sup>1</sup> | Jorge Alonso León Estrada<sup>2</sup>

### RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar la relación entre las propiedades fisicoquímicas y del color del aguaymanto en sus 4 estados de madurez (verde, pintón, maduro y sobre maduro) a través de análisis de regresión. Se consideró los componentes del color como las variables independientes ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  y  $h$ ) y a las propiedades fisicoquímicas como las variables dependientes (pH, °Brix, Acidez e Índice de Madurez), se realizó 20 unidades de Aguaymanto para cada estado de madurez.

Se utilizó un colorímetro para determinar las coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  a partir de las cuales se calculó  $C^*$  y  $h$  según la Norma IRAM 20022: 2000, para el pH método potenciométrico A.O.A.C; 981.12, sólidos solubles método refractométrico A.O.A.C; 932.12, acidez titulable (titulometría A.O.A.C; 942.15) y para la identificación del estado de madurez se utilizó la Norma Técnica Colombiana NTC 4580.

De los resultados obtenidos se concluye que sí existe una relación positiva entre las variables estudiadas y los modelos que presentan mejores indicadores de predicción ( $R_{aj}^2 > 0.7$  y menor  $\Sigma$ ) son los que incluyen los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  siendo el parámetro  $a^*$  el que mayor influencia tiene sobre las propiedades fisicoquímicas (pH, °Brix, Acidez e Índice de Madurez) en los diferentes estadios de madurez; debido a que se relaciona directamente al color exterior del fruto por el incremento de carotenoides en el proceso de maduración.

**Palabras Clave:** Aguaymanto, Propiedades fisicoquímicas, Color, Relación.

### ABSTRACT

The objective of this research was to determine the relationship between the physicochemical and color aguaymanto properties in the 4 stages of maturity (green, ripening fruit, ripe and overripe) through regression analysis. Color components as independent variables ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  h) is considered as the physicochemical properties as the dependent variables (pH, ° Brix, and Maturity Index Acidity), 20 units was performed Aguaymanto for each maturity stage.

A colorimeter was used to determine the coordinates  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  from which was calculated as  $C^*$  h IRAM 20022: 2000, for the potentiometric pH AOAC method; 981.12, soluble solids AOAC refractometry; 932.12, titratable acidity (titrimetry AOAC 942.15) and to identify the state of maturity Colombian Technical Standard NTC 4580 was used.

From the results it is concluded that there exists a positive relationship between these variables and models that have better predictive indicators ( $R_{aj}^2 > 0.7$  and lower  $\Sigma$ ) are those including  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  being the parameter to \* the greatest influence on the physicochemical properties (pH, ° Brix, acidity and maturity Index) at different stages of maturity; because it relates directly to the exterior color of the fruit by increasing carotenoids in the maturation process.

**Key words:** Aguaymanto, Physicochemical properties, Color, Relationship.

## 1. INTRODUCCIÓN

En el Perú existen muchas frutas nativas poco conocidas u olvidadas con un alto contenido vitamínico, azúcares naturales, aromas y sabores especiales que son reconocidas a nivel mundial pero son desaprovechadas por nosotros, pudiendo éstas ser explotadas por diferentes industrias para la elaboración de nuevos productos muy competitivos y de calidad; el aguaymanto es uno de ellos<sup>1</sup>

El aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) conocido como Golden Berry en países de habla inglesa, uchuva en Colombia, uvilla en Ecuador, topotopo en Venezuela, son algunos de los múltiples nombres para esta fruta en todo el mundo<sup>2</sup>. Esta fruta es una herbácea, semiarbusto perenne en zonas subtropicales y puede crecer hasta alcanzar 0,6 - 0,9 m<sup>3</sup>. La fruta con un peso que oscila entre los 4 y 10 g, es redonda-ovoide con un diámetro entre 1.25 y 2.5 cm, con piel lisa, cetácea, brillante y de color amarillo-dorado-naranja o verde según la variedad. Su carne es jugosa con semillas amarillas pequeñas y suaves que pueden comerse. Cuando la fruta está madura, es dulce con un ligero sabor agrio<sup>4</sup>.

El fruto contiene 78.9-85.5 % de humedad, 0.3-1.5 % proteína, 0.15 - 0.5 % de grasa, 11-19.6 % hidratos de carbono, 0.4 - 4.9 % de fibra, 0.7-1% de cenizas y su pulpa componer de 1.6 mg/100 g caroteno, 0.1 a 0.18 mg/100 g tiamina 0.03-0.18 mg/100 g riboflavina, 0.8-1.7 mg/100 g niacina, 20-43 mg/100 g vitamina C, 210-467 mg/100 g K, 7-19 mg/100 g mg, 8 y 28 mg/100 g Ca, 27-55.3 mg/100 g P, 0.3-1.2 mg/100 g Fe, 0.28-0.40 mg/100 g de Zn<sup>2</sup>.

El aguaymanto es una fruta que a pesar de su sabor agrídulce es apetecida por su alto contenido de vitaminas A y C, lo que constituye una fuente nutricional para el consumo humano y medicinal principalmente, esta fruta posee un elevado contenido en hidratos de carbono que se aprovecha de mejor manera si se consume en estado fresco y puede ser utilizada por la agroindustria para la elaboración de productos como: mermelada, dulces, salsas y cremas. En la actualidad, la agroindustria busca nuevas alternativas de industrialización del producto que cubra las expectativas requeridas por el mercado consumidor<sup>4</sup>.

Dentro de las exigencias de los mercados se encuentra el tamaño del fruto (mediano a grande), el color del fruto (amarillo naranja brillante, que indique madurez fisiológica) y el tipo de empaque que puede variar de un mercado a otro, exigiéndose como requisitos básicos una fruta sana e inocua. Los criterios que se utilizan para determinar las exigencias del mercado y el momento oportuno de cosecha de los frutos pueden estar basados en apariencia, textura, sabor, tamaño, y otros más complejos como el tiempo que transcurre entre la floración y la cosecha, la medición de las unidades de calor, ritmo de respiración, pH, contenido de sólidos solubles e índice de madurez (proporción azúcar/acidez)

entre otros<sup>5</sup>.

En la industria alimentaria, el color es un parámetro en base al cual se realizan clasificaciones de productos, se evalúan materias primas, se hace control de procesos y se miden indirectamente otros parámetros, como la capacidad de retención de agua en las carnes (CRA), cenizas en harinas, curado, oxidación o degradación de un producto, conservación en atmósferas controladas, etc<sup>6</sup>.

La globalización en los mercados mundiales ha marcado el desarrollo de los ensayos no destructivos, los cuales tienen ya un alcance mundial por la efectividad de sus aplicaciones. Estos ensayos tienen la ventaja de causar daños imperceptibles o nulos a las muestras examinadas, lo que conlleva a tener una mejor calidad y manejo del producto a bajos costos porque solo depende primordialmente de la capacidad de quienes son responsables de llevar a cabo dichos ensayos<sup>7</sup>.

Por tal motivo, se crea la necesidad de realizar esta investigación que va encaminada a determinar la relación entre el color (en sus componentes L, a\*, b\*, C\* y h) y las propiedades fisicoquímicas del aguaymanto tales como el pH, los °Brix, la acidez, el índice de madurez (relación °Brix/Acidez) para poder predecir estas propiedades en función de los componentes del color de manera no destructiva y con ello orientar al pequeño productor o a las grandes empresas a tener un mejor control del estado de madurez y por ende definir que procesos tecnológicos de postcosecha podrían aplicarse para prolongar la vida útil antes de llegar al consumidor final, ya que el fruto tiene un sistema de comercialización en fresco y posee una alta perecibilidad. Es por eso que en el presente trabajo nos dedicamos a resolver el siguiente problema: ¿Cuál es la Relación entre el color y las propiedades fisicoquímicas del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.)?

Cuyo objetivo General: Determinar la relación entre el color y las propiedades fisicoquímicas del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.).

Y los objetivos Específicos:

- Determinar la relación entre el color y el pH, °Brix, Acidez titulable e índice de madurez en el aguaymanto.
- Estimar el modelo de relación entre variables color (L\*, a\*, b\*, C\* y h) y propiedades fisicoquímicas (pH, °Brix, Acidez Titulable e Índice de Madurez) por regresión lineal múltiple.

## 2. MATERIALES Y METODOLOGÍA

### 2.1 Material o Muestra de Fruta

El aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) procedente de Cajamarca, se verificó que el fruto sea de primera calidad, reuniendo las características de fresca y sana. La selección se realizó mediante una inspección o control

visual, eliminando aquellos que presentaron magulladuras; la clasificación según su grado de madurez basándonos en la Norma Técnica Colombia NTC 4580.<sup>8</sup> la cual divide al aguaymanto en 7 estados de madurez (Cero, Uno, Dos, Tres, Cuatro, Cinco y Seis). Nosotros dividimos lo propuesto por la NTC en 4 grupos los cuales comprenden: Verde (estado cero y uno), Pintón (estado dos y tres), Maduro (estado cuatro y cinco) y Sobre-maduro (estado seis) como se puede ver en la figura 1.



Figura 1. Estados de Madurez.  
Fuente: Elaboración Propia.

## 2.2 Análisis Fisicoquímico

El contenido de sólidos solubles (°Brix) se midió con un refractómetro de baja (Atago Pocket/Serie: BO 33001) con una escala de 0-53 °Brix, según método refractométrico A.O.A.C.; 932.12<sup>9</sup> Las mediciones de pH se realizaron mediante el uso de un pH-metro (Tipo Lapicero) con una precisión:  $\pm 0.1 \text{ pH} \pm 1^\circ\text{C}$ , calibrado con pH 4 y 7 tampones según el método potenciométrico A.O.A.C.; 981.12<sup>10</sup>. La acidez titulable se determinó por valoración de la muestra con NaOH 0.1N según el método titulometría A.O.A.C.; 942.15<sup>11</sup> y se expresó como ácido cítrico. Para la Acidez Titulable en el estado verde se utilizó de 3 a 4 unidades por muestra, tomando uno como referencia para realizarle los análisis de pH, °Brix y de color, debido a la cantidad de muestra requerida (1 mL.).

## 2.3. Medición del Color

Para el color se utilizó la metodología determinada por la Norma IRAM 20022: 2004<sup>12</sup>. Este análisis nos sirvió para hallar las características básicas del color (Luminosidad, Cromo y tono) partiendo de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ; utilizando un colorímetro kejian instruments co. KJ-300 con unidades  $L^*a^*b$ , iluminante estándar de  $10^\circ$ .

## 2.4 Análisis Estadístico

El estado de madurez se utilizó solamente para la clasificación del aguaymanto más no para modelar en cada uno de ellos. Para cada estado de madurez (Verde, Pintón, Maduro y Sobre-maduro) se utilizó 20 unidades de aguaymanto en las cuales se midió las propiedades fisicoquímicas (pH, °Brix, Acidez Titulable e Índice de Madurez) y también el color en los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,

$C^*$  y  $h$ ; estos dos últimos los hallamos a partir de los valores que nos proporciona el colorímetro ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ), según  $C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$  y  $h^* = \arctg(\frac{b^*}{a^*})$

Se utilizó el software STATISTICA 7.0 versión DEMO para determinar los modelos de regresión lineal múltiple con 3 indicadores estadísticos como es el Coeficiente de Correlación ( $r$ ), Coeficiente de Determinación ( $R^2$ ) y el Error Estándar de Estimación ( $\sigma$ ), por medio de los cuales analizamos que modelos tienen una mejor predicción. Si al evaluar el valor de  $r$  resultara que varios modelos tienen una relación similar entonces se analizará el  $R^2$ . Y el modelo seleccionado sería el que presentó el mayor valor  $R^2$ . Luego el error estándar de estimación ( $\sigma$ ), puede considerarse como un indicador del grado de precisión con que la ecuación de regresión, describe la relación entre las variables.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Análisis Fisicoquímicos

El resultados en la Tabla 1 muestran que el fruto a medida que va madurando el pH disminuye, esto debido a que un pH bajo ayuda a madurar a la planta porque consigue que las enzimas descompongan la clorofila y endulcen la fruta<sup>13</sup>. Con los °Brix, como era de esperarse sucede lo contrario, la tendencia de aumento se atribuye a que en el estado verde de la fruta posee un mayor contenido de pectinas y almidón, los cuales disminuyen a medida que el fruto madura, debido a la acción de las enzimas que los hidrolizan a lo largo del proceso de maduración y producen un aumento en la concentración de azúcares (°Brix)<sup>14</sup>.

Tabla 1. Resultado de los parámetros fisicoquímicos del aguaymanto en sus 4 estados de madurez.

| Aguaymanto   | PH               | °Brix             | % Acidez          | Índice de Madurez  |
|--------------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| Verde        | 4.03 $\pm$ 0.064 | 6.98 $\pm$ 0.347  | 2.323 $\pm$ 0.112 | 3.008 $\pm$ 0.188  |
| Pintón       | 3.85 $\pm$ 0.068 | 9.05 $\pm$ 0.373  | 2.012 $\pm$ 0.108 | 4.318 $\pm$ 0.358  |
| Maduro       | 3.61 $\pm$ 0.098 | 13.07 $\pm$ 0.436 | 1.658 $\pm$ 0.145 | 7.945 $\pm$ 0.765  |
| Sobre maduro | 3.29 $\pm$ 0.083 | 15.05 $\pm$ 0.342 | 1.424 $\pm$ 0.107 | 10.626 $\pm$ 0.828 |

Fuente: Elaboración Propia.

Lo observado en la Tabla 1 son los valores del promedio de los análisis fisicoquímicos hechos a las 20 muestras de cada estado de madurez, asemejándose a los estudios realizados por Osorio y Roldán<sup>15</sup> para el estado maduro del aguaymanto, reportando valores de los parámetros fisicoquímicos muy similares a los de esta investigación. De acuerdo con las especificaciones de color de la Norma Técnica Colombiana NTC 4580 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC<sup>8</sup>, los frutos de *P. peruviana* L., con un nivel de madurez 4 muestra características fisicoquímicas con un pH de 3.7,

entre 13 y 15 °Brix y acidez con un porcentaje de entre 1.6 y 2.0.

### 3.2 Análisis del Color

El color es una característica de gran importancia en nuestra valoración física y de la calidad de los alimentos. Cuando el deterioro del este es visualmente extenso el producto resulta inaceptable, por lo que industrialmente, el color puede ser una característica determinante para el éxito comercial de innumerables productos. Debido a ello se vuelve cada día más imprescindible su control, lo que supone poder medir y comparar el color<sup>16</sup>.

En la Tabla 2 se muestran los valores de los parámetros del color en coordenadas rectangulares (L\*, a\* y b\*) y cilíndricas (L\*, C\* y h) obtenidos para cada estado de madurez (verde, pintón, maduro y sobremaduro).

Tabla 2. Resultado de los parámetros del color del aguaymanto en sus 4 estados de madurez.

| Aguaymanto   | a*           | b*           | L*           | C*             | h*            |
|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|---------------|
| Verde        | -9.6 ± 2.225 | 38.7 ± 3.477 | 58.1 ± 3.308 | 39.939 ĉ       | 1.325 ĉ       |
| Pintón       | 5.8 ± 1.573  | 28.1 ± 2.343 | 45.3 ĉ ĉ ĉ ĉ |                | 1.369 ± 0.047 |
| Maduro       | 11.0 ± 2.181 | 33.2 ± 1.652 | 45.7 ± 1.917 | 35.075 ± 1.973 | 1.252 ± 0.054 |
| Sobre maduro | 16.2 ± 2.006 | 40.8 ± 2.098 | 53.1 ± 2.905 | 43.897 ± 2.479 | 1.195 ± 0.034 |

Fuente: Elaboración Propia.

Thai *et. al.*<sup>17</sup> propusieron emplear el croma (C\*) como un indicador de los estados de madurez del aguaymanto; sin embargo López y Gómez<sup>18</sup> señala que este parámetro no es un buen indicador del color, ya que sólo indica la pureza o saturación del mismo, pudiendo, en consecuencia, presentar muestras con diferente color pero con valores similares de este parámetro. Otro buen indicador del color también puede resultar ser el matiz (h\*), en el cual el parámetro a\* toma valores negativos y positivos señalando estos, diferencias significativas entre cada uno de los estadios estudiados, y además pone de manifiesto la presencia de color verde en los frutos

### 3.3 Análisis de Regresión

Los datos fueron procesados en el programa STATISTICA 7.0 DEMO, el cual permitió obtener un modelo de regresión para la predicción de cada variable dependiente (pH, °Brix, Acidez e Índice de Madurez). En la Tabla 3 se muestran los coeficientes de regresión con sus respectivos modelos.

Los atributos de color de la fruta (Tabla 2) cambiaron significativamente durante la maduración. El valor del parámetro a\* indica enrojecimiento en la fruta, en este caso la cáscara aumentó significativamente desde verde (-) hasta tomar un color anaranjado (+) según el proceso

de maduración. El parámetro b\* no tiene una influencia notoria ya que su color va desde azul (-) hasta amarillo (+), esto coincide con los cambios reales en la superficie del aguay manto ya que al cambiar su estado de madurez los tonos amarillos son involucrados en mayor cuantía en tanto los tonos azules no tienen ninguna incidencia debido a que los cambios se dan del verde al naranja, esta descripción está acorde con el ICONTEC8 y como se observa en la Figura 1, la clasificación que se hace con respecto a los estados de madurez indicando que los colores más resaltantes son el verde, para los estados verde y pintón, y el naranja, para los estados maduro y sobre maduro, haciendo que el parámetro a\* tenga una mayor influencia que b\* sobre las propiedades fisicoquímicas

Tabla 3. Modelos de regresión para predecir las propiedades fisicoquímicas (pH, °Brix, Acidez e Índice de Madurez) en función de los parámetros del color en coordenadas rectangulares (L\*, a\* y b\*) y cilíndricas (L\*, C\*, h) en el Aguaymanto (*Physalis Peruviana L.*)

| Ecuación   | r           | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> ajustado | ?           |
|--|-------------|----------------|-------------------------|-------------|
| <b>°Brix= 6.69 + 0.26a* + 0.24b* - 0.11L*</b>              | <b>0.95</b> | <b>0.90</b>    | <b>0.89</b>             | <b>1.07</b> |
| °Brix= 4.14 + 0.30a* + 0.15b*                              | 0.94        | 0.87           | 0.88                    | 1.1         |
| °Brix= 3.83 + 0.32a* + 0.11L*                              | 0.92        | 0.85           | 0.85                    | 1.25        |
| °Brix= 9.31 + 0.29a*                                       | 0.91        | 0.83           | 0.82                    | 1.37        |
| °Brix= 1.23 - 0.13L* + 0.41C* + 2.20h*                     | 0.93        | 0.87           | 0.87                    | 1.17        |
| °Brix= -3.16 + 0.34C* + 2.60h*                             | 0.93        | 0.86           | 0.86                    | 1.21        |
| pH= 4.36 - 0.03a* - 0.02b* + 0.000368L*                    | 0.90        | 0.83           | 0.82                    | 0.13        |
| <b>pH= 4.37 - 0.03a* - 0.02b*</b>                          | <b>0.91</b> | <b>0.83</b>    | <b>0.82</b>             | <b>0.12</b> |
| pH= 4.55 - 0.03a* - 0.01L*                                 | 0.90        | 0.81           | 0.8                     | 0.13        |
| pH= 4.96 + 0.000906L* - 0.03C* - 0.22h*                    | 0.90        | 0.81           | 0.8                     | 0.13        |
| pH= 4.99 - 0.03C* - 2.2h*                                  | 0.90        | 0.81           | 0.81                    | 0.13        |
| <b>% Acidez = 2.49 - 0.03a* - 0.02b* + 0.008078L*</b>      | <b>0.91</b> | <b>0.82</b>    | <b>0.82</b>             | <b>0.16</b> |
| % Acidez = 2.68 - 0.03a* - 0.02b*                          | 0.90        | 0.81           | 0.81                    | 0.16        |
| % Acidez = 2.78 - 0.04a* - 0.01L*                          | 0.89        | 0.79           | 0.79                    | 0.17        |
| % Acidez = 3.13 + 0.010682L* - 0.04C* - 0.25h*             | 0.89        | 0.8            | 0.79                    | 0.17        |
| % Acidez = 3.48 - 0.03C* - 0.29h*                          | 0.89        | 0.79           | 0.79                    | 0.17        |
| <b>Índice de Madurez = 0.42 + 0.25a* + 0.24b* - 0.06L*</b> | <b>0.93</b> | <b>0.87</b>    | <b>0.87</b>             | <b>1.12</b> |
| Índice de Madurez = -1.85 + 0.27a* + 0.19b*                | 0.93        | 0.87           | 0.87                    | 1.12        |
| Índice de Madurez = -3.32 + 0.31a* + 0.16L*                | 0.91        | 0.83           | 0.82                    | 1.3         |
| Índice de Madurez = -5.45 - 0.08L* + 0.40C* + 2.07h*       | 0.92        | 0.85           | 0.85                    | 1.2         |
| <b>Índice de Madurez = -8.26 + 0.36C* + 2.33h*</b>         | <b>0.92</b> | <b>0.85</b>    | <b>0.85</b>             | <b>1.21</b> |

Fuente: Elaboración Propia.

De los análisis realizados al fruto de aguaymanto, la Tabla 3 nos muestra que el ajuste de los datos experimentales del color en coordenadas rectangulares (L\*, a\* y b\*) y cilíndricas (L\*, C\* y h) muestran las ecuaciones con mejor relación, ajuste y error estándar (σ) para las propiedades fisicoquímicas estudiadas (°Brix, pH, Acidez e Índice de Madurez), dando estos 2 últimos indicadores a las ecuaciones como las más confiables.

Para modelar teniendo valores de R<sup>2</sup><sub>aj</sub> > 0.7 y Errores estándar bajos. Al respecto, Gutiérrez y De La Vara<sup>19</sup> señalan que para modelos de predicción por ecuaciones ajustadas por regresión, pueden considerarse aceptables valores de coeficientes de determinación ajustadas mayores a 0.7.

La coordenada a\* es el parámetro que presenta el coeficiente de regresión más alto en las ecuaciones de ajuste para los 4 estados de madurez estudiados, siendo

este el que afecta directamente en la maduración del aguaymanto debido a que los colores exteriores del fruto tienden a tonos naranjas indicando el incremento de los carotenoides<sup>20</sup>.

Al respecto León<sup>21</sup> determino que entre los parámetros L\*, a\* y b\*, el parámetro a\* es el que presenta una relación lineal directa entre los °Brix e Índice de madurez ( $r > 0.86$ ), en tanto la relación es inversa para el pH y Acidez titulable ( $r < -0.86$ ); sin embargo por sus valores cercanos a cero en los parámetros L\* y b\* ( $r < 0.35$ ) puede considerarse que la relación es casi nula.

Durante el proceso de maduración, la transición de la clorofila en carotenoides, conversiones bioquímicas del almidón en azúcar, protopectina insoluble en pectina y pérdida de ácido orgánico a través de la oxidación son responsables del aumento de los carotenoides, por tanto del color naranja<sup>22</sup>. Con la maduración de la fruta, la concentración de compuestos volátiles se aumentó e hizo el fruto más atractivo, delicioso y valioso<sup>23</sup>.

Los sólidos solubles (°Brix) se incrementaron con el proceso de maduración. El aumento se debió a la conversión de hidratos de carbono en azúcares simples a través de un mecanismo complejo durante el almacenamiento. Esta conversión también se considera que es uno de los índices importantes de proceso de maduración del aguaymanto y otras frutas climatéricas<sup>24,14</sup>.

La disminución de la acidez se atribuyó hacia la conversión de ácido cítrico en azúcares y su posterior utilización en el proceso metabólico de la fruta, fue interesante observar que los carotenoides, el azúcar y la acidez tuvieron correlación negativa, lo que indica que con la maduración de la fruta la acidez se redujo, mientras que los carotenoides y el azúcar se incrementó. En tanto el pH sufre un cambio durante la maduración, pasando de unos valores altos para la muestra verde a bajos para la muestra sobremaduro. Estas observaciones fueron atribuidas a la conversión de ácido cítrico y ácido ascórbico en azúcar y otros productos con el proceso de maduración<sup>25</sup>.

#### 4. CONCLUSIONES

Se determinó que existe una relación múltiple positiva entre el color (L, a\* y b\*) y las propiedades fisicoquímicas (pH, °Brix, Acidez e Índice de Madurez).

Los mejores modelos para estimar la relación entre el color y las propiedades fisicoquímicas son:

$$^{\circ}\text{Brix} = 6.69 + 0.26a^* + 0.24b^* - 0.11L^*$$

$$\text{pH} = 4.37 - 0.03a^* - 0.02b^*$$

$$\% \text{Acidez} = 2.49 - 0.03a^* - 0.02b^* + 0.008078L^*$$

$$\text{Índice de Madurez} = -0.42 + 0.25a^* + 0.24b^* - 0.06L^*$$

#### 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Velezmore, J. Perfil del Mercado del Aguaymanto. Cajamarca, Perú. 2004.
- [2] Puente, L. A., Pinto-Muñoz, C. A., Castro, E. S., y Cortés, M. *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. Food Research International, doi:10.1016/j.foodres.2010.09.034.
- [3] Mayorga, H., Knapp, H., Winterhalter, P., y Duque, C. Glycosidically bound flavor compounds of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2001. 49, 1904–1908.
- [4] Ministerio de Agricultura. Estudio de factibilidad para la producción y comercialización del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) en condiciones de valles andinos. Lima. 2010.
- [5] Kader A. Maturity indices, quality factors, standarization, and inspection of horticultural products. Memorias Simposio Nacional Fisiología y Tecnología Poscosecha de Productos Hortícolas en México. México, D, F. 1998, 217-222.
- [6] Abdullah, M., L. Guan, K. Lim y A. Karim. The applications of computer vision system and tomographic radar imaging for assessing physical properties of food. Journal of Food Engineering. 2004, 61 (1), 125-135.
- [7] Butz, P., C. Hofmann, y B. Tauscher. Recent developments in noninvasive techniques for fresh fruit and vegetable internal quality analysis. J. of Food Sci. 2005; 70(9); 131-141.
- [8] ICONTEC. Uchuva (*Physalis peruviana*), para el consumo fresco o destinado al procesamiento industrial. Colombia. Norma Técnica Colombiana NTC 4580. 1999.
- [9] A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods 932.12 Solids (Soluble) in fruits and fruit products. Refractometer Method. Washington D.C., Estados Unidos. 1980
- [10] A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods 981.12 pH of Acidified Foods. Washington D.C., Estados Unidos. 1982.
- [11] A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods 942.15 Acidity (Titratable) of fruit products. Washington D.C., Estados Unidos. 1995.

- [12] IRAM 20022. Análisis Sensorial. Directivas generales y metodología para la evaluación del color de los alimentos. Buenos Aires, Editado por Instituto Argentino de Normalización. 2004.
- [13] Flórez, R.; Víctor, J.; Fischer, G; Sora, R. y Ángel, D. Producción, postcosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Bogotá, Colombia. 2000.
- [14] Kittur, F.; Saroja, N.; Habibunnisa, N. y Tharanathan, R. Polysaccharide-based composite coating formulations for shelf-life extension of fresh banana and mango. *European Food Research and Technology*. 2001; 213; 306–311.
- [15] Osorio, D. y Roldan, J. Volvamos al campo: manual de la uchuva. Bogotá: Grupo Latino LTDA. 2003.
- [16] Guerrero, L.; Núñez, M. El proceso de secado en los alimentos. *Alimentación, Equipos y Tecnología*, Diciembre. 1991; 111-115.
- [17] Thai, C. N., Shewfelt, R. L., Garner, J. C. Tomato color changes under constant and variable storage temperatures: empirical models, en: *Transactions of the ASAE*. 1990; 33; 607-614.
- [18] López Camelo A., Gómez P. Comparison of color index for tomato ripening, en: *Horticultura Brasileira*. 2004; 22 (3), jul-set; 534-537.
- [19] Gutiérrez, H. y De la Vara, R. Análisis y diseño de experimentos. México; Editorial McGraw-Hill; 2004.
- [20] Chuadhary, M. Carotenoids pigments of different varieties of mangoes; changes during ripening. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2006; 1, 173–177.
- [21] Leon, J. Relación entre el color y las propiedades fisicoquímicas del aguaymanto (*Physalis peruviana* L.). Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional de Trujillo. 2014.
- [22] Campestre, C., Marsilio, V., Lanza, B., Iezzi, C., Bianchi, G. Phenolic compounds and organic acids change in black oxidized table olives. *ISHS Acta Hort*. 586: IV International Symposium on Olive Growing. 2002.
- [23] Bender, R.J., Brecht, J.K., Baldwin, E.A., Maludo, T.M.M.. Aroma volatiles of mature-green and tree-ripe 'Tommy Atkins' mangoes after controlled atmosphere vs air storage. *Horticulture Science*. 2000; 35, 684–686.
- [24] Doreyappy - Gowda, I y Huddar, A. Studies on ripening changes inmango (*Mangifera indica* L.) fruits. *Journal of Food Science and Technology Mysore*. 2001; 38, 135–137.
- [25] Rathore, H.; Masud, T.; Sammi, S. y Soomro, A. Effect of storage on physico-chemical composition and sensory properties of Mango (*Mangifera indica* L.) variety Dosehri. *Pakistan Journal of Nutrition*. 2007; (6), 143–148.