

Aplicación del análisis de imágenes en la caracterización del fruto de variedades de arándano

JUAN JOSÉ FERREIRA. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa de Genética Vegetal. jjferreira@serida.org
 ANA CAMPA NEGRILLO. Área de Cultivos Hortofrutícolas y Forestales. Programa de Genética Vegetal. acampa@serida.org

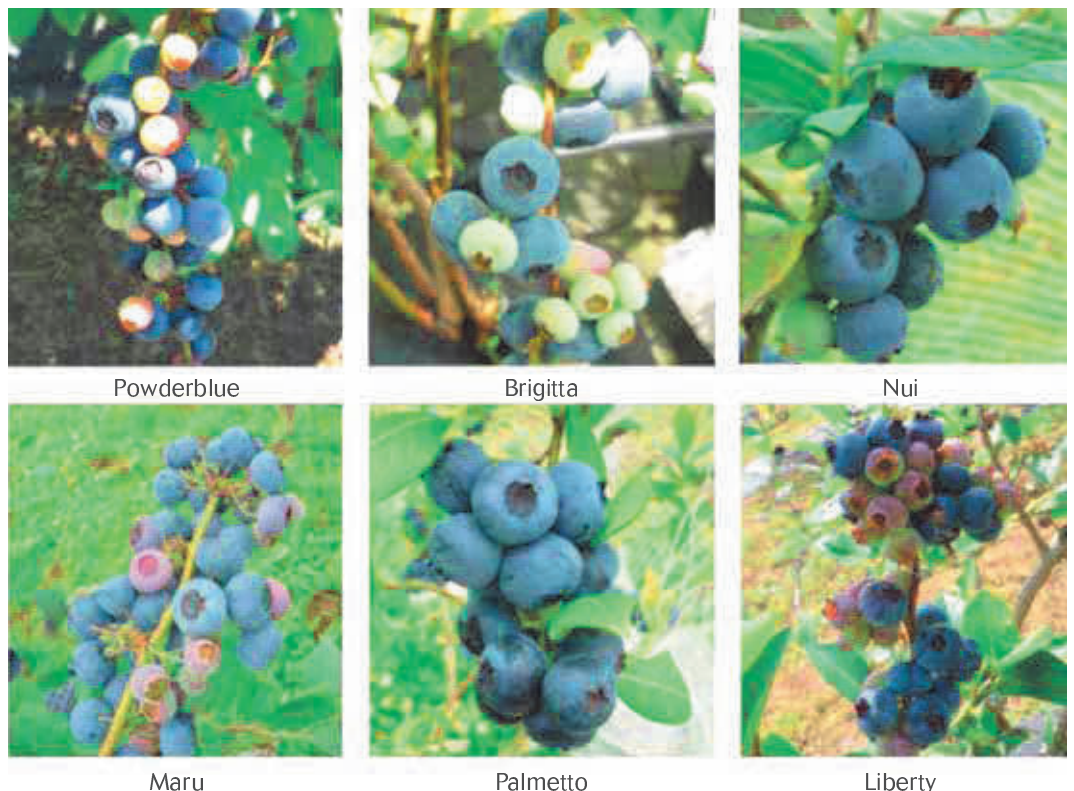
El fruto del arándano (*Vaccinium* spp) es una baya de color azul dispuesto en racimos más o menos densos. En el mercado hay numerosas variedades disponibles que habitualmente se clasifican atendiendo a la especie (*Vaccinium corymbosum* L., *Vaccinium virgatum* Aiton, o híbridos interespecíficos), a sus requerimientos en horas de frío (mayor o menor de 700 horas) o a la época de producción (temprano, temporada o tardío). Sólo en la Oficina Comunitaria de Variedades Vegetales se han

registrado 117 variedades de *Vaccinium corymbosum* L., 12 de *Vaccinium virgatum* Aiton y 11 híbridos de *V. corymbosum* x *Vaccinium angustifolium* Aiton (consultado el 10-11-2017).

La diferenciación de las variedades de arándano basada en características morfológicas del fruto resulta difícil por el limitado polimorfismo que muestran estas especies (Figura 1). Este tipo de caracterización se apoya en una serie de descriptores o



Figura 1.- Muestra de la variación morfológica de fruto en seis variedades mantenidas en la colección de arándanos del SERIDA.



Carácter de fruto	Clases fenotípicas			
	muy pequeño	pequeño	medio	grande
Tamaño	muy pequeño	pequeño	medio	grande
Forma sección longitudinal	elíptico	redondo	oblongo	
Porte de los sépalos	erecto	intermedio	semi-erecto	
Curvatura de sépalo	un-curvado	recto	re-curvado	
Diámetro cavidad cáliz	pequeño	medio	grande	
Profundidad cavidad cáliz	poco profunda	media	profunda	
Intensidad de la pruina	muy débil	débil	media	fuerte
Color epidermis	azul claro	azul medio	azul oscuro	rojo azulado

←
Tabla 1.- Lista de rasgos de fruto propuestos por la UPOV para la caracterización y diferenciación de variedades de arándano.

rasgos morfológicos. Así, la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV) propone ocho caracteres (Tabla 1) en los que se diferencian entre tres y cuatro clases cualitativas (UPOV 2016) que no siempre son fáciles de identificar, ya que su valoración tiene una componente subjetiva incluso disponiéndose de variedades de referencia para cada clase fenotípica. Por otro lado, teniendo en cuenta que el fruto de arándano es perecedero, la caracterización simultánea de un elevado número de genotipos resulta impracticable. Por ello, la aplicación de nuevas herramientas que permitan una caracterización del fruto rápida, precisa, eficiente y que, además, faciliten la discriminación entre las variedades resulta de gran interés.

En este trabajo se describen los primeros resultados obtenidos con el uso del análisis de imágenes de frutos de arándano para su caracterización y diferenciación. El método consiste en tomar imágenes de la sección de los frutos de arándano y, con ayuda de un programa informático, obtener diferentes caracteres cuantitativos e índices del fruto a partir de tales imágenes.

Descripción del trabajo

Para desarrollar este trabajo se utilizaron 61 variedades mantenidas en la colección de campo del SERIDA durante la campaña 2016. Se tomaron 20 frutos maduros por variedad procedentes de dos fechas recolección. Los frutos se mantuvieron 24-48 horas en frío a 4-7°C y oscuridad, se cortaron longitudinalmente y sus imágenes se digitalizaron con un

escáner a una resolución de 200 dpi. A partir de estas imágenes se obtuvieron los siguientes caracteres morfológicos básicos de fruto utilizando el programa Tomato Analyzer (Brewer et al., 2006): **perímetro del fruto (cm)**, **área del fruto (cm²)**, **ancho a media altura (cm)** y **altura a media anchura (cm)**. También se estimaron tres índices relacionados con la forma del fruto: **elipsoidal** (error del ajuste del perímetro del fruto a una elipse/área del fruto), **circular** (error del ajuste del perímetro del fruto a una circunferencia/área del fruto) y **rectangular** (área del rectángulo externo al fruto/área del rectángulo interno del fruto). Finalmente, se registró digitalmente el color del fruto como los valores del espacio tridimensional de color CIELab donde: **color L*** representa el nivel de luminosidad (+L*) / oscuridad (-L*); **color a*** representa el nivel de color rojo (+a*) a verde (-a*) y **color b*** representa el nivel de color amarillo (+b*) a azul (-b*). Para la identificación de grupos de variedades con rasgos significativamente diferenciados se realizó un análisis cluster combinado con un análisis de componentes principales y los resultados se visualizaron en un cluster-plot (R Core Team 2016).

Resultados obtenidos

Los resultados revelaron una amplia variación en el juego de variedades analizadas para los caracteres relacionados con las dimensiones del fruto. Para el perímetro y el área de fruto los menores y mayores valores fueron observados en las variedades Northcountry (3,65 cm y 0,89 cm²) y Denise Blue (6,30 cm y 2,70 cm²), respectivamente. El ancho a media altura

varió entre 1,14 cm de Alapaha y 2,04 cm de Chandler mientras que la altura a media anchura osciló entre 0,81 cm de Northcountry y 1,59 cm de Denise Blue. Con respecto a los índices relacionados con la forma del fruto, la mayor variación se observó para el índice de circularidad que osciló entre 0,06 en las entradas Powderblue, Alapaha, Aron y Pink Limonade y 0,18 de Cosmopolitan. Los valores bajos de este índice indican un buen ajuste al círculo. El índice elipsoidal apenas mostró variación entre variedades, oscilando desde 0,03 de Denise Blue y Blue Pearl hasta 0,09 de Columbus, a pesar de que a simple vista se observa variación, existiendo variedades de frutos redondos y otras de frutos oblongos. Finalmente, para el índice rectangular se encontraron unos valores intermedios que oscilaron entre 0,51 de Pink Limonade y 0,58 de Duke, Nui II y Cosmopolitan, lo que indica que en todos los casos la forma del fruto dista de la rectangular.

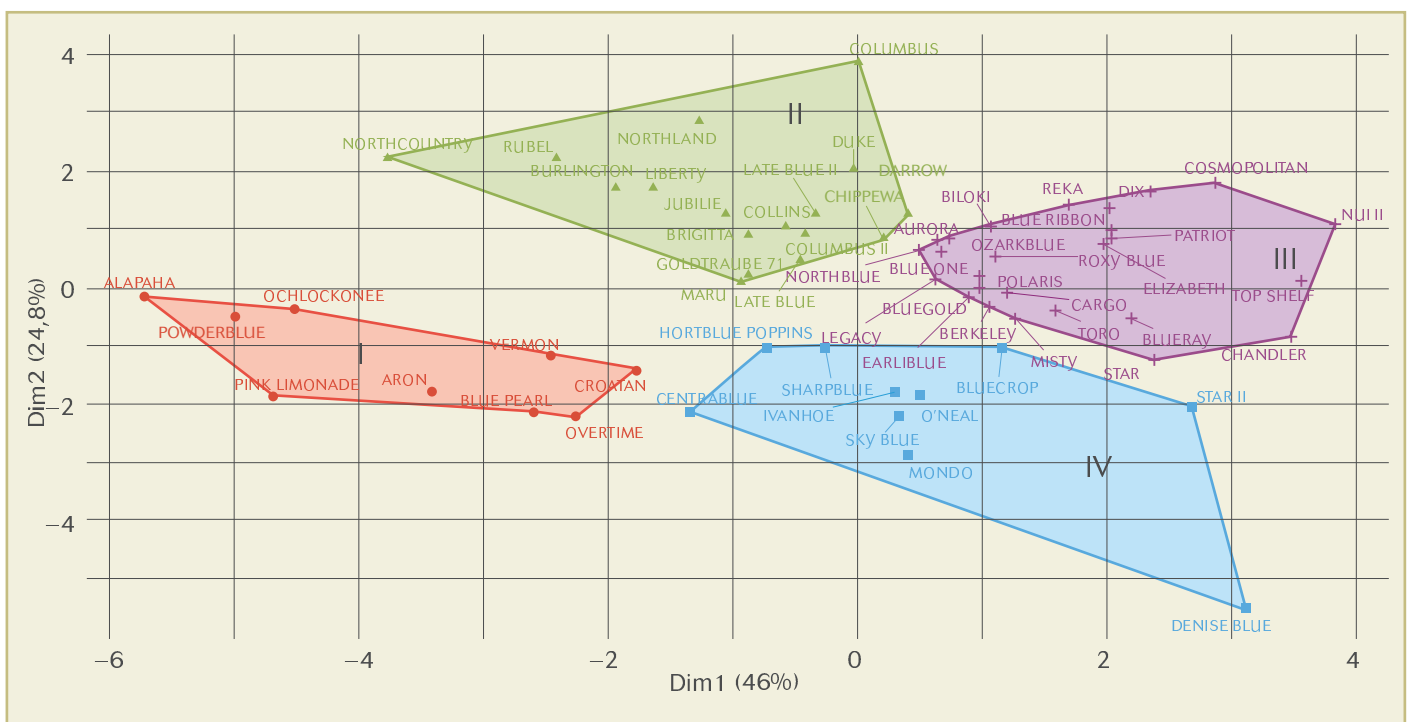
Respecto al color, para la dimensión L* se encontraron valores positivos entre 39,3 en Alapaha y 56,68 en Denise Blue. Para la dimensión a* se observaron valores que oscilaron entre -2,85 de Star II y 8,85 de Pink Limonade, una variedad que tiene fruto de color naranja. La mayor parte de las variedades tienen unos valores

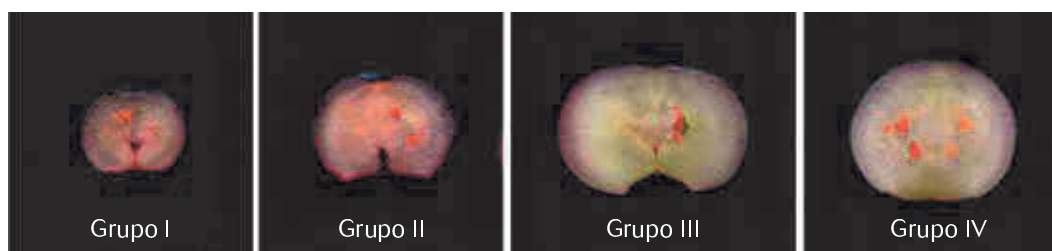
negativos (verdes) o próximos a cero. Finalmente, los valores para el eje b* fueron positivos (azules) y oscilaron entre 5,70 de Aron y 22,14 de Star.

El análisis cluster combinado con el análisis de componentes principales reveló cuatro grupos principales que explican el 70,8% de la variación total (Figura 2). Las características principales de fruto que definen cada uno de los grupos son:

- **Grupo I**, constituido por 9 variedades, en su mayor parte pertenecientes a la especie *V. virgatum*, con frutos pequeños y circulares (Figura 3). Además, este grupo presenta los mayores valores para la dimensión de color a*, es decir, tiene tonalidades más rojizas en el interior del fruto.
- **Grupo II**, formado por 17 variedades que, en general, presentan frutos de un tamaño medio y poco circulares (Figura 3). Además, este grupo presenta valores intermedios para la dimensión de color a* del interior del fruto aunque no significativamente diferentes del grupo I.
- **Grupo III**, constituido por 25 variedades con frutos grandes y oblongos

Figura 2.- Cluster-plot mostrando la distribución de las variedades de arándano atendiendo a las dos principales componentes identificadas en el análisis de componentes principales y a los cuatro principales grupos detectados en el análisis cluster.





(Figura 3). En cuanto al color presentan los valores a^* más bajos, que se corresponden con tonalidades verdosas.

- **Grupo IV**, constituido por 10 variedades con frutos grandes pero más circulares que los del Grupo III (Figura 3). También presentan valores bajos para la dimensión de color a^* .

Conclusiones

Este trabajo muestra que el análisis de imágenes de fruto con el software Tomato Analyzer en la caracterización de arándano ofrece la posibilidad de:

- Medir más rasgos que en una caracterización manual clásica. Fue posible medir de una manera fiable 4 caracteres de dimensiones de fruto (perímetro, área, ancho y altura), tres índices y tres caracteres de color del interior del fruto (L^* , a^* y b^*), si bien este software permite registrar más caracteres.
- Incrementar la eficiencia de la caracterización, ya que es posible medir más rasgos en menor tiempo.
- Caracterizar frutos fuera de estación. La toma de imágenes se realiza en la época de cosecha pero el análisis de las imágenes puede realizarse en cualquier época del año.
- Minimizar la subjetividad de las caracterizaciones clásicas, dado que este tipo de caracterizaciones no implican valoraciones del técnico.

Sin embargo, también se observaron ciertas limitaciones del software en la medida de los rasgos del fruto definidos por la UPOV como profundidad de la cavidad del cáliz, diámetro de la cavidad del cáliz y la forma de los sépalos. Estos aspectos probablemente tengan algún efecto también en las estimaciones de los índices elipsoidal y circular. En todo caso, los resultados facilitan la caracterización de la colección de arándanos reunida en el SERIDA, así como los numerosos híbridos seleccionados en el programa de mejora que se está desarrollando.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado en parte con el proyecto RTA2013-0076-CO-00. Los autores agradecen el apoyo en la digitalización de las imágenes de Monserrat Movilla y Marcos Bueno. Ana Campa es beneficiaria de un Doc-INIA (DR13-0222).

Referencias bibliográficas

- Brewer MT, L Lang, K Fujimura, N Dujmovic, S Gray, E van der Knaap. 2006. Development of a controlled vocabulary and software application to analyze fruit shape variation in tomato and other plant species. *Plant Physiol.* 141(1), 15-25
- R Core Team 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>
- UPOV. 2016. Blueberry. Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability http://www.upov.int/edocs/mdocs/upov/en/twf_47/tg_137_5_proj_2.pdf



Figura 3.- Sección de los frutos de cuatro variedades de arándano que representan los grupos I (variedad representativa Ochlockonee), II (Columbus), III (Chandler) y IV (Denise Blue) detectados en el cluster-plot.