

## ARTÍCULO CIENTÍFICO

## SELECCIÓN DE LÍNEAS PROMISORIAS DE NARANJILLA PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LA FRUTA

Silva, Wilson <sup>a</sup>; Gómez, Paúl <sup>b</sup>; Viera, William <sup>c\*</sup>; Sotomayor, Andrea <sup>c</sup>; Viteri, Pablo <sup>c</sup>; Ron, Lenin <sup>d</sup><sup>a</sup> Universidad Estatal Amazónica, Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Km 2 1/2 vía Puyo a Tena, Ecuador<sup>b</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP, Granja Experimental Palora, Vía Santa Ana, km 3 1/2, Palora - Morona Santiago<sup>c</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP, Programa Nacional de Fruticultura, Granja Experimental Tumbaco, Av. Interoceánica km 15, Tumbaco, Ecuador<sup>d</sup> Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. La Morita, Quito - Ecuador

Ingresado: 14/07/2015

Aceptado: 01/04/2016

**Resumen**

La evaluación de progenies de naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) a partir de cruces interespecíficos, tuvo como objetivo seleccionar individuos con una alta productividad y calidad comercial de fruta, que sean potenciales candidatos para la generación de nuevas variedades. Esta investigación se llevó a cabo en la Granja Experimental Palora del INIAP, en la provincia de Morona Santiago. Nueve grupos de segregantes fueron evaluados, destacándose el grupo 1 por alcanzar el mejor rendimiento promedio (4.68 kg/planta) y un buen peso promedio de fruto (134.04 g); el grupo 10 por presentar el 100% de frutos de pulpa verde oscuro; los grupos 6 y 8 presentaron individuos con alta porcentaje de grados Brix. En general, se pudo observar que existió variabilidad en la expresión de los caracteres entre los grupos evaluados y dentro de los mismos, por lo cual una selección por individuos es lo más adecuado. Esta variación se debió en un buen porcentaje a aspectos propios de la genética de los segregantes, constituyéndose este un aspecto importante para fines de fitomejoramiento de este cultivo.

**Palabras clave:** calidad, componente genético, fitomejoramiento, modelo linear mixto, rendimiento.

\* Correspondencia a: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP, Programa Nacional de Fruticultura, Granja Experimental Tumbaco, Av. Interoceánica km 15, Tumbaco, Ecuador. Teléfono: +(593) 2 2301057. e-mail: william.viera@iniap.gob.ec

**SELECTION OF PROMISING NARANJILLA LINES TO IMPROVE FRUIT QUALITY****Abstract**

Evaluation of Naranjilla progenies (*Solanum quitoense* Lam.) from interspecific crosses, aimed to select individuals with high productivity and commercial fruit quality, which are potential candidates for the generation of new varieties. This research was carried out at the experimental farm Palora from INIAP, in the province of Morona Santiago. Nine groups of segregants were evaluated, highlighting the Group 1 to achieve the best average performance (4.68 kg/plant) and a good average fruit weight (134.04 g); group 10 obtained 100% of fruits showing dark green flesh; in groups 6 and 8 there were individuals showing a high percentage of Brix degrees. In general, it was observed that there was variability in the expression of characteristics evaluated between groups and within them; consequently, a selection of individuals instead of groups is most appropriate. This variation is attributed in a good percentage to the genetic of the segregating population, constituting this aspect an important factor in breeding purposes of this crop.

**Keywords:** breeding, genetic component, mixed linear model, quality, yield.

**I INTRODUCCIÓN**

La naranjilla (*Solanum quitoense*) es originaria de los

bosques de la región subtropical húmeda del oriente y occidente de la cordillera de los Andes de Ecuador, Perú y Colombia. [1,2] Es una fruta tropical de la familia de las solanáceas, de forma redonda ovalada, que en su interior se divide en cuatro compartimientos, cada uno lleno de pulpa color verdoso y numerosas semillas pequeñas. La pulpa es aromática, de sabor agrídulce y con un alto contenido de vitaminas A, C, B1, B2, proteínas y minerales. [3] La composición física, química y calidad organoléptica de la naranja (alrededor de 10° Brix y acidez menor de 3%) indican que es adecuada para su consumo en fresco o procesada utilizándose en la elaboración de jugos, néctares, mermeladas, jaleas, postres y cocteles. [4]

En la actualidad el cultivo de naranja en la región amazónica es de importancia notable a pesar de las limitantes presentadas, los agricultores van perdiendo cierto interés por el cultivo, la problemática expuesta, por consiguiente, existe la necesidad de realizar estudios de la diversidad genética existente de la naranja con especies relacionadas, que permitan obtener materiales mejorados en aspectos de calidad de la fruta, alta productividad y mayor rentabilidad del cultivo, la cual permita generar mayores ingresos económicos para pequeños y medianos productores. [5] La búsqueda y generación de nuevos materiales mejorados de naranja, deben estar enfocados a dar soluciones de baja productividad, provocadas principalmente por la incidencia de plagas, pero sin descuidar el aspecto relacionado a calidad de la fruta y residualidad. [6, 7]

Este cultivo tiene gran potencial económico por su rentabilidad y aceptación en el mercado, [8] constituyéndose en la principal fuente de ingresos económicos para el sector productivo de la Amazonía Ecuatoriana, región que posee las condiciones adecuadas para el desarrollo de este frutal y evaluación de líneas promisorias. En el 2002, en la región Amazónica se encontraba el 93% de la producción nacional de la naranja, principalmente en las provincias de Napo, Pastaza, Morona Santiago y Sucumbíos; mientras que el 7% restante se cultivaba en las estribaciones oriental y occidental de la Sierra. [3] Para el año 2010 se puede encontrar una producción nacional de 20005 t con un rendimiento 5.49 t/ha. [9]

Entre los principales problemas que afectan este frutal es la susceptibilidad del cultivo a plagas, [3, 10-14] uso indiscriminado de pesticidas, la falta de tecnología en el manejo, [4] y la calidad de la fruta para su comercialización [6, 15]. En lo referente a calidad de fruta, el mercado exige pulpas de color verde, tamaño mediano a grande (de 4.5 a 6.5 cm de diámetro),

sanidad (libre de patógenos), inocuidad (sin residuos de pesticidas u hormonas), apariencia (forma redondeadas u ovaladas y color anaranjado de la epidermis) y aroma. [3, 4, 6]. El desarrollo de híbridos interespecíficos como Puyo y Palora han permitido la continuidad del cultivo de naranja, aunque se ha desmejorado la calidad de la fruta, dando como consecuencia aplicaciones del herbicida hormonal Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) para mejorar el tamaño de los frutos, pero siendo este perjudicial para la salud. [6, 16, 17]

El Programa Nacional de Fruticultura del INIAP viene trabajando en esta temática desde el año 2005 y actualmente ha generado una población segregante proveniente de cruzamientos interespecíficos, buscando generar materiales con características de productibilidad y tolerancia/resistencia a las principales plagas, frutos de tamaño comercial, pulpa de preferencia color verde, y buena adaptación a un manejo de bajo uso de insumos. [6] Los segregantes obtenidos provienen de cruzamientos interespecíficos entre la naranja de jugo *S. quitoense* con solanáceas silvestres como *S. hyporhodium* y *S. vestissimum*. Estas especies silvestres incorporan genes de resistencia a patógenos como *Fusarium oxysporum* s. sp. quitoense y enfermedades foliares como lancha (*Phytophthora* sp.) y antracnosis (*Colletotrichum acutatum* J.H. Simmonds). [5, 6, 18] Los híbridos Puyo y Palora provenientes del cruzamiento de *Solanum sessiliflorum* x *S. quitoense*, se muestran más resistentes que la naranja común a problemas de suelo y foliares, pero con deficiente calidad de fruta, [6] por lo que el objetivo de esta investigación fue evaluar progenies de naranja provenientes de cruzamientos interespecíficos para la selección de individuos de alta productividad y con calidad comercial de la fruta, que sean potenciales candidatos para la obtención de futuras variedades.

## II METODOLOGÍA

### Ubicación del Experimento

La presente investigación se realizó en la Granja Experimental Palora del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ubicada en el Km 3 ½, vía Puerto Santa Ana (Cantón Palora, Provincia de Morona Santiago latitud: 01° 50" 39" y longitud: 78° 04" 35"), localizada a 887 m.s.n.m. La localidad cuenta con una temperatura promedio de 22 °C, humedad relativa promedio de 85%, precipitación anual de 3000 a 4000 mm de lluvia/año y una zona de vida: bosque húmedo tropical y bosque húmedo montano bajo. El suelo se caracteriza por ser de textura arcillosa, 18% de contenido de materia orgánica y un pH ligeramente ácido de 5.3.

### Genotipos en estudio

El material biológico estuvo constituido por 9 grupos de plantas segregantes de los diferentes cruzamientos, descritos en la Tabla 1. Los grupos a evaluarse provienen de un proceso de selección anterior a este estudio [15], en el cual se evaluaron 10 grupos, donde el grupo 9 no calificó los parámetros de selección, razón por la cual no continúa en esta investigación y por lo que no aparece en la Tabla 1. La numeración de los grupos se mantiene como se la dispuso cuando inició el proceso de selección para poder mantener un esquema de pedigrí.

**Tabla 1.** Tratamientos, Segregantes de *S. quitoense* provenientes de cruzamientos.

Grupo	Cruzamiento
1	<i>S. quitoense</i> var. Baeza x ( <i>S. quitoense</i> x <i>S. vestissimum</i> )
2	<i>S. quitoense</i> x <i>S. hyporhodium</i>
3	<i>S. quitoense</i> x <i>S. vestissimum</i>
4	<i>S. quitoense</i> var. Peluda x <i>S. hyporhodium</i>
5	<i>S. quitoense</i> var. Peluda x <i>S. hyporhodium</i>
6	<i>S. quitoense</i> x <i>S. hyporhodium</i>
7	<i>S. quitoense</i> x <i>S. hyporhodium</i>
8	( <i>S. quitoense</i> var. peluda x <i>S. hyporhodium</i> ) x <i>S. quitoense</i> var. Dulce
10	<i>S. quitoense</i> x <i>S. vestissimum</i>

### Análisis estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo mediante el contraste entre las medias de los segregantes en base a pares generados entre ellos. La prueba de Holm [19] fue utilizada para calcular diferencias para la serie de pruebas sin necesidad de combinar en una única varianza y la correspondiente corrección por la inflación del error de significación. Para verificar la falta de homogeneidad dentro de los grupos de materiales estudiados se utilizó la prueba de Bartlett [20], con una significación del 5% y también se emplearon métodos gráficos (diagrama de cajas, gráfico basado en cuartiles que suministra información sobre valores mínimos y máximos, la existencia de valores atípicos y la simetría de la distribución). Un modelo lineal mixto independiente por grupo de materiales se utilizó para el análisis de la información genética. [21] De esta manera, el único efecto ambiental debido a los bloques donde estuvieron cada grupo segregantes constituyó el único efecto aleatorio. La ubicación de las plantas de cada genotipo dentro de los bloques se asumió como parte de la variabilidad interna dentro del sujeto y por lo tanto como la parte de la variabilidad debida a la componente genética del fenotipo. La estimación de componentes de varianza se basó en el Método Máxima Verosimilitud Restringida (REML).

El modelo estadístico para la evaluación se lo explica en la siguiente ecuación:

$$y_{ij} = \mu + G_i + e_{ij} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde  $\mu$  representa la media de la población,  $G_i$  el efecto del bloque  $i$  y  $e$  el error experimental.

De esta manera la covariación entre dos medidas del mismo bloque ( $Y_{i1}$ ,  $Y_{i2}$ ) se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Cov}(Y_{i1}, Y_{i2}) = \sigma_g^2 \quad \text{Ec. 2}$$

Donde  $\sigma_g^2$  es la varianza dentro de sujetos debido efectos netos del genotipo. La proporción que representa  $\sigma_g^2$  respecto de la variabilidad total ( $\sigma_g^2 + \sigma_e^2$ ) es la estimación proporcional de esta componente (**componente genético**), que se estimó dado que se pretende hacer selección dentro de los segregantes. [22] La estimación de los efectos fijos y aleatorios se realizó en el software estadístico R versión 3.0.1. [23] a través del paquete *lme4*. [24]

### Variables de evaluación

La determinación del rendimiento y calidad de fruta de los segregantes interespecíficos se evaluaron mediante las siguientes variables: a) Rendimiento promedio por planta (kg/planta): Sumando todas las cosechas realizadas se obtuvo el rendimiento total de cada planta, expresándolo en kg, posteriormente se obtuvo el promedio del rendimiento de cada grupo. b) Frutos cosechados por planta: Se contabilizó los frutos cosechados por planta y luego se obtuvo el promedio por grupos. c) Peso del fruto promedio (g): El rendimiento total de cada planta, se dividió para el número de frutos cosechados y se obtuvo el peso promedio del fruto, posteriormente se calculó el peso promedio del grupo. d) Color de la pulpa de los frutos: La apreciación fue en forma visual y directa comparando el color con los determinados en el Atlas de colores de Küppers. [25] e) Contenido de azúcares: Se midió utilizando un refractómetro manual DY - T20, en tres frutos maduros por planta de cada tratamiento, para posteriormente calcular un valor promedio. f) Sabor del jugo: Se extrajo 20 ml de jugo de naranja de los diferentes grupos en estudio y se realizó una degustación del sabor utilizando una escala arbitraria (Dulce = 1, Agrio = 2 y Amargo = 3), para la degustación, se utilizó un panel sensorial conformado por 5 personas entrenadas que utilizaron la escala planteada, quienes calificaron el sabor de cada material evaluado.

### Manejo del experimento

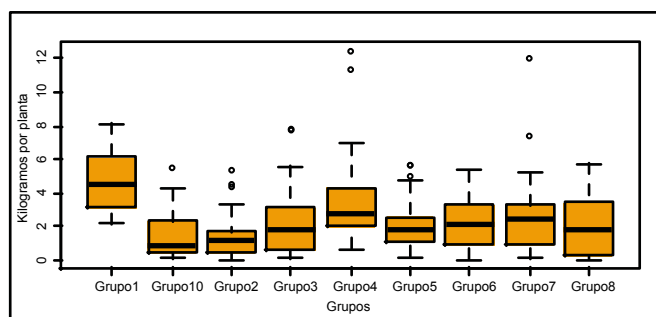
Se realizó un muestreo del suelo para su posterior análisis físico-químico. En las labores agrícolas, se realizó una limpieza de terreno con machete y se eliminó árboles con moto sierra. El suelo recién trabajado se expuso durante 15 días a la acción de los agentes meteorológicos. Posteriormente se ejecutó el diseño de las parcelas conforme a las dimensiones establecidas para el ensayo. Se balizó utilizando estacas de caña guadua de 40 cm de largo, ubicándolas en los lugares donde se abrirían los hoyos para el trasplante de las plantas de naranjilla, mismos que fueron de 35 cm de largo, ancho y profundidad. Se desinfectó el suelo utilizando Captan (50 g en 200 l de agua) y Cal 300 g/hoyo. El trasplante se lo realizó dos días posteriores a la desinfección del suelo. Las distancias de plantación fueron de 2.5 m entre plantas y 2.5 m entre hileras. Al momento del trasplante al sitio definitivo, se abonó con 10-30-10 a razón de 60 g/hoyo. A los 60 días del trasplante se incorporó sulfato doble de potasio y magnesio 80 g/planta + 1 kg de abono orgánico/planta + 18-46-0 (200 g/planta). Al inicio de la cosecha se incorporó urea + muriato de potasio + abono completo 10-30-10 (120 g de la mezcla/planta). Debido a las condiciones ambientales (precipitación continua) de la zona se realizó riegos solamente en el mes de septiembre (1.5 l de agua/planta) ya que las plantas presentaban estrés hídrico. A los 60 días del trasplante, se realizó una fertilización con estimulantes foliares completos (40 g de Stimufol + 20 ml de Biosolar en 20 l de agua). A los 90 días del trasplante se aplicó nuevamente los estimulantes foliares completos (20 ml de Biosolar + 40g Stimufol en 20 l de agua). Al inicio de floración se aplicó 18-18-18 + 3 (25 g) + 20 ml de extractos húmicos + 20 g de Captan en 20 l de agua. Luego se procedió a aplicar cada 15 días estimulantes foliares (30 ml de Biosolar + 40 g de Stimufol + 30 ml de Bio-energía en 20 l de agua), durante todo el ensayo y dependiendo de las condiciones climáticas. La poda de formación se realizó en la etapa de crecimiento vegetativo desde el trasplante hasta los seis meses de edad, se dejó un tallo principal y se eliminó brotes basales por debajo de los 20 cm de altura, a partir de allí se seleccionó cinco ramas secundarias bien distribuidas para conformar la copa del árbol. La poda de saneamiento y mantenimiento se ejecutó con el fin de eliminar ramas bajas, ramas entrecruzadas, hojas en exceso y ramas enfermas, así como frutos afectados por enfermedades e insectos. Estas podas permiten que las plantas puedan tener una buena circulación de aire, mayor entrada de luz, estimular la producción y mejorar la calidad de las cosechas. En total se realizó cuatro podas de formación durante la investigación. Se realizaron controles fitosanitarios con productos protectantes, alternando con insecticidas a base de

Benzoato de emamectina al 2% y 1.5 ml/l de agua de Clorpirifos + Cipermetrina para el control de gusano perforador del fruto *Neoleucinodes elegantalis* Guenée. El deshierbe del ensayo, se realizó oportunamente según se observaba la invasión de malezas. La cosecha se realizó de forma manual, con la utilización de una tijera de podar, cuando los frutos presentaron el 75% del color característico de madurez, la producción de la naranjilla fue permanente ya que en la planta siempre se encontraron flores y frutos en diferente estado de desarrollo o maduración. La recolección se realizó con frecuencia de 8 a 15 días dependiendo de la madurez fisiológica del fruto.

### III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Rendimiento promedio por planta (kg/planta)

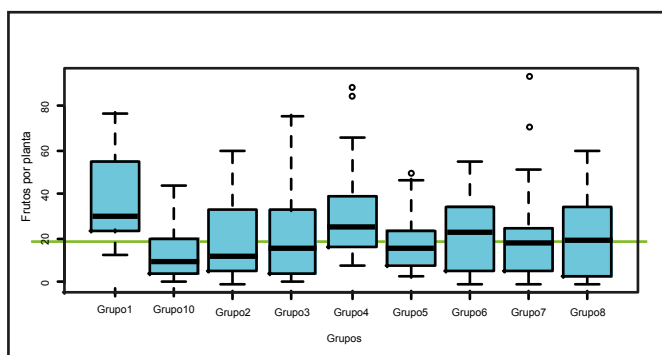
La Fig. 1 muestra que el grupo 1 presentó un rango de producción de 2 a 8.2 kg/planta, con una media de 4.68 kg/planta, el grupo 4 presentó un rango de producción de 1.5 a 12 kg/planta, con una media de 3.39 kg/planta y el grupo 3 presentó un rango de producción de 1 a 6 kg/planta, con una media de 2.25 kg/planta. Estos tres grupos reportaron plantas con un buen rendimiento, lo cual es de gran interés para la selección de plantas con alta productividad. Estos resultados son muy próximos a lo informado por Miranda, [26] quien al evaluar la producción de naranjilla con la aplicación de productos orgánicos y químicos permitidos obtuvo 4.8 kg/planta. El componente genético de esta variable se encuentra atribuido para el grupo 1 y 3 al 23 y 25% respectivamente a cuestiones genéticas propias de la variedad y un 77 y 75 % respectivamente a cuestiones ambientales; mientras que el grupo 4 presentó el 77% a cuestiones genéticas propias de la variedad y un 23% a cuestiones ambientales.



**Figura 1.** Promedios y rangos del rendimiento kg/planta de los segregantes de cruzamientos interespecíficos de *S. quitoense*, Palora. La línea punteada vertical indica el rango de los datos en cada grupo. La línea horizontal en el interior del bloque corresponde a la mediana. Los bloques representan los datos que se ajustan mayormente a la curva normal. Los círculos representan datos atípicos.

### Frutos cosechados por planta

La Fig. 2 indica que el grupo 1 presentó un rango de 15 a 78 frutos en el número de frutos cosechados por planta, con una media de 36.89 frutos por planta, el grupo 4 presentó un rango de 10 a 83 frutos, con una media de 31.43 frutos por planta, mientras que el grupo 3 presentó un rango en el número de frutos por planta de 5 a 75 frutos, con una media de 22.35 frutos por planta. Estos grupos presentaron un mayor número de frutos cosechados por planta, característica de gran interés para la selección de individuos con alta productividad corroborando a lo reportado por Buchelli, [15] que en la evaluación de materiales obtiene 49.97 frutos cosechados por planta; pero con gran diferencia a lo reportado por Miranda [26] quien obtiene un número de frutos promedio de 171.14 debido al manejo agronómico realizado.



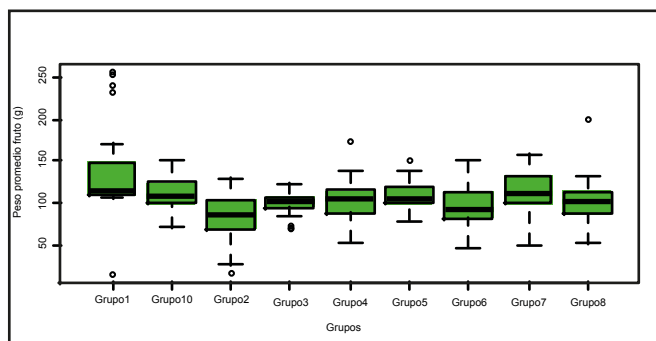
**Figura 2.** Promedios y rangos de los frutos cosechados por planta provenientes de segregantes de cruzamientos interespecíficos de *S. quitoense*, Palora. La línea punteada vertical indica el rango de los datos en cada grupo. La línea horizontal en el interior del bloque corresponde a la mediana. Los bloques representan los datos que se ajustan mayormente a la curva normal. Los círculos representan datos atípicos.

En el grupo 1 la proporción de variabilidad corresponde en un 35% a cuestiones genéticas propias del material vegetal y un 65% a cuestiones ambientales, en el grupo 4 la variación se debe en un 68% por genética propia y un 32% por aspectos ambientales; mientras que en el grupo 3 se debe en un 1% por la genética y un 99% a cuestiones ambientales. Los materiales en los cuales la variabilidad está dada por la genética propia y que presentan un buen número de frutos cosechados por planta, son de gran importancia para realizar a futuro investigaciones incorporando genes deseables de estas características. [3]

### Peso del fruto promedio (g)

La Fig. 3 indica que el grupo 1 presentó un rango de 108 a 175 g del peso promedio de los frutos cosechados, con una media de 134.04 g, el grupo 7 presentó un rango de 55 a 160 g, con una media de 119 g, el grupo 10 presentó un rango de 70 a 150 g, con una media de 111.25 g y el grupo 5 presentó un rango de 80 a 170 g

con una media de 108.15 g; resultados que superan lo reportado por Miranda [26] que obtiene en su evaluación de manejo integrado un peso promedio de 84.72 g; sin embargo un promedio similar (113.47 g) obtenido por otros autores, [27] quienes evaluaron los cambios fisicoquímicos en tres grados de madurez. Según la Norma INEN [28] los pesos promedio obtenidos dentro de esta investigación están categorizados como medianos, lo que se considera aceptable para el mercado.



**Figura 3.** Promedios y rangos del peso promedio de los frutos de los segregantes de cruzamientos interespecíficos de *S. quitoense*, Palora 2014. La línea punteada vertical indica el rango de los datos en cada grupo. La línea horizontal en el interior del bloque corresponde a la mediana. Los bloques representan los datos que se ajustan mayormente a la curva normal. Los círculos representan datos atípicos.

El peso está relacionado con el tamaño del fruto, por lo cual se busca encontrar materiales con frutos de buen tamaño sin la aplicación de la hormona 2-4D. La variabilidad que presentó el grupo 1 corresponde a un 52% a la genética propia de la planta y un 48% a factores ambientales, en el grupo 7 se debe un 60% a la genética y un 40% a aspectos ambientales, mientras que en el grupo 10, el 42% se debe a cuestiones genéticas y un 58% a factores ambientales, por lo cual se busca materiales que genéticamente proporcionen frutos de buen tamaño, que provengan de características genéticas propias.

### Color de pulpa de los frutos

En la Tabla 2 se observa que los segregantes evaluados presentan diferencias en el color de la pulpa de los frutos. El 82.14% de los frutos correspondientes al grupo 1 presentaron pulpa verde oscuro, en el grupo 3 esta coloración la presentó el 85.71% de los frutos, mientras que en el grupo 4 se presentó solamente en el 60% de los frutos. Sin embargo, es importante destacar el grupo 10, ya que el 100% de los frutos presentaron pulpa verde oscura, siendo este genotipo adecuado para la selección de individuos con esta característica, la cual es deseable por los mercados locales e internacionales que prefieren frutos con pulpas verde oscuro y verde claro, por su buen sabor y su lenta

oxidación debido a sus propiedades físicas químicas del jugo, coincidiendo con lo descrito por Gómez. [5]

**Table 2:** Color de la pulpa de los frutos en los segregantes de cruzamientos interespecíficos *S. quitoense*, Palora.

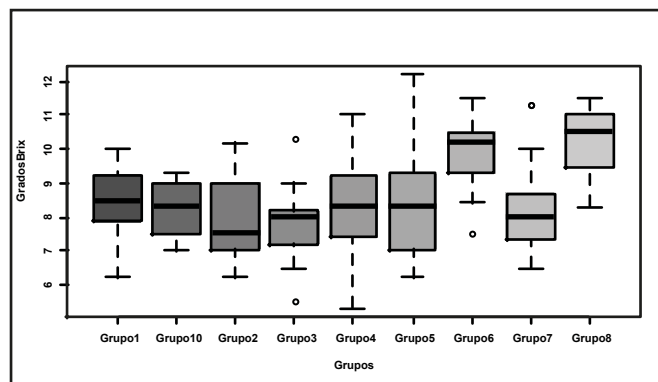
Grupos	Plantas Evaluadas	Pulpa Verde Amarillo	Pulpa Verde Claro	Pulpa Verde Oscuro	Porcentaje (%)
1	28	0	5	23	82.14
2	28	0	8	20	71.43
3	28	1	3	24	85.71
4	25	0	10	15	60.00
5	23	0	5	18	78.26
6	22	22	0	0	0.00
7	23	0	10	13	56.52
8	25	25	0	0	0.00
10	25	0	0	25	100.00

El color de la pulpa, el sabor del jugo y el contenido de azúcares son características de importancia en el valor comercial ya que son parte del establecimiento de parámetros de calidad para el consumidor local e internacional, [29, 30, 31] en el caso particular del color de la pulpa observamos alta variabilidad ya que provienen de cruzamientos de *S. quitoense* con materiales silvestres, sin embargo, siempre se debe tener en cuenta la influencia de los factores externos como el medio ambiente en donde algunos seres vivos (polinizadores) juegan un papel importante en la hibridación natural, lo cual concuerda con lo descrito por CIAT. [32]

### Contenido de azúcares

La Fig. 4 muestra los rangos y las medias del contenido de azúcares de los segregantes evaluados, el grupo 1 presentó un rango en el contenido de azúcares de 6.2 a 10 grados Brix, con una media de 8.24, el grupo 6 presentó un rango de 7.4 a 11.5 grados Brix, con una media de 9.99, y el grupo 8 presentó un rango de 8.2 hasta los 11.5 grados Brix, con una media de 9.98, estos son los materiales que presentan mayor contenido de azúcares mismos que podrían ser utilizados para introducir genes deseables coincidiendo con lo descrito por Casierra-Posada [30] quien obtuvo un promedio de 8.55 grados Brix en los materiales que evaluaron en ese estudio. Los grados Brix obtenidos en estos materiales son considerados comerciales por la Norma INEN [28] ya que son mayores al valor de 6.

La proporción de variabilidad que presentó el grupo 1 de 72% se debe a aspectos genéticos y un 28% a cuestiones ambientales, la variabilidad del grupo 2 corresponde en un 68% a la genética de la planta y en un 32% al ambiente, en el grupo 3 se debe en un 21% a la genética y en un 79% a factores ambientales. Los materiales que presentaron alta variabilidad debido a cuestiones genéticas, son considerados de gran importancia para realizar trabajos de hibridación, con la finalidad de agregar genes deseables según Gómez. [5]



**Figura 4.** Promedios y rangos del contenido de azúcares de los segregantes de cruzamientos interespecíficos de *S. quitoense*, Palora. La línea punteada vertical indica el rango de los datos en cada grupo. La línea horizontal en el interior del bloque corresponde a la mediana. Los bloques representan los datos que se ajustan mayormente a la curva normal. Los círculos representan datos atípicos.

### Sabor del jugo

En la Tabla 3 se observa que los segregantes de naranja presentaron diferencias significativas en esta variable, obteniéndose frutos con sabor agrio, amargo y dulce, todos los genotipos presentan materiales con carácter dominante de los progenitores. Estas características se relacionan más con la transferencia de genes en el mejoramiento. De acuerdo con los resultados, se puede señalar que los grupos 5 y 10, presentan mayor número de plantas con sabor del jugo ácido, característica adecuada para la elaboración de jugos y conservas; mientras que los grupos 6, 7, 8 presentar sabor dulces, siendo ambos caracteres de importancia de acuerdo al propósito final de la fruta, estos resultados concuerdan con el estudio realizado por Gómez. [5]

**Tabla 3.** Sabor del jugo de los segregantes de cruzamientos interespecíficos de *S. quitoense*, Palora 2014.

Grupo	Plantas Evaluadas	Sabor Ácido	Sabor Amargo	Sabor Dulce
1	28	6	22	0
2	28	3	25	0
3	28	6	22	0
4	25	1	24	0
5	23	23	0	0
6	22	6	1	15
7	23	3	4	16
8	25	7	0	18
10	25	20	3	2

#### IV CONCLUSIONES

Debido a la variabilidad que se pudo observar dentro de los grupos (genotipos) y entre individuos (segregantes) evaluados en este estudio, se identificó los mejores individuos dentro de cada grupo que presenten las características deseables para continuar el proceso de mejoramiento de este frutal.

El grupo 1 presentó el mayor rendimiento por planta y el mejor peso promedio de fruto. Dentro de este grupo se seleccionó al individuo G1P2R1 debido a que obtuvo un rendimiento de 6 kg/planta y frutos mayores a 110 g.

Se identificaron tres colores de pulpa de la fruta: verde oscuro, verde claro y verde amarillo; siendo el primero el de mayor frecuencia en la mayoría de los grupos, coincidiendo con lo demandado por los consumidores.

Se identificó materiales dentro de los grupos 5 (individuo G5P5R2) y 10 (individuo G10P2R4) que presentaron sabor de jugo ácido, siendo este carácter preferido por la agroindustria para la elaboración de jugos y conservas. Sin embargo, solamente el grupo 10 presentó 100% de uniformidad en la coloración (verde oscuro) de la pulpa de los frutos.

Se debe seleccionar individuos con alto porcentaje de grados Brix dentro de los grupos 6 (individuo G6P9R3 con 11,5 grados Brix) y 8 (individuos G8P7R2, G8P8R2, G8P12R3, G8P18R4; todos con 11,5 grados Brix), característica importante dentro de los parámetros de calidad de fruta en los procesos de fitomejoramiento de este cultivo.

#### Agradecimientos

Se agradece al Proyecto de Macroeconomía de la Estación Experimental Central de la Amazonía y Fortalecimiento Institucional del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) por el financiamiento de esta investigación. También agradecemos la colaboración del Ing. Freddy Brito, Agr. Jhonny Shuñi y Sr. Enrique Shakay, funcionarios de INIAP, en la ejecución de este estudio.

#### Referencias

[1] M. Lobo (2000) "Papel de la variabilidad genética en el desarrollo de los frutales andinos como alternativa productiva", Memorias. 3er Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado, Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales. Manizales, Colombia, p. 36.  
 [2] C. B. Heiser (1972) "The Relationships of the Naranja, *Solanum quitoense*", *Biotropica*, 4(2), 77-84.  
 [3] J. Revelo, P. Viteri, W. Vásquez, F. Valverde, J. León, P. Gallegos (2010) "Manual del cultivo Ecológico de la

naranja", Manual Técnico N°. 77. Quito, Ecuador, INIAP.

[4] P. Sandoval (2003) "Estudio de los factores que afectan la producción y productividad del cultivo de naranja *S. quitoense* Lam. en la región amazónica del Ecuador", Tesis de Ing. Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrop. y Amb., UTC. Latacunga, Ecuador.

[5] P. Gómez (2009) "Caracterización agromorfológica de clones y segregantes de 39 cruzamientos interespecíficos de naranja para identificar materiales con resistencia y/o tolerancia a plagas y enfermedades, alta productividad y buena calidad del fruto", Tesis de Ing. Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Univ. Estatal de Bolívar, Guaranda, Ecuador.

[6] J. Revelo, P. Sandoval (2003) "Factores que afectan la producción y productividad de la naranja (*Solanum quitoense* Lam) en la región amazónica del Ecuador", INIAP, Quito-Ecuador.

[7] R. Andrade (2005) "Caracterización de las condiciones agro-socioeconómicas de las familias productoras de naranja (*Solanum quitoense*) en la región amazónica del Ecuador", Tesis de Econ. Facultad de Economía. Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.

[8] J. Fiallos (2000) "Naranja: Híbrido Inter Específico de Alto Rendimiento" Boletín, N. 276. Palora, Ecuador, INIAP, pp. 2.

[9] MAGAP, Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca (SINAGAP) (2012) Superficie Producción y Rendimiento, Ecuador.

[10] A. E. Díaz, A. Solís, H. Brochero (2011) "Distribución geográfica de *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) en Colombia" *Rev. Colomb. Entomol.* 37(1), 71-76.

[11] C. Rojas, L. Muñoz, V. Terán, F. Prado, M. Quiñónez (2010) "Evaluación de patógenos en clones de lulo (*Solanum quitoense* Lam.)", *Acta Agron.* 59(2), 144-154.

[12] C. Betancourt, M. Zambrano, C. Narváez (2005) "Reacción de diferentes genotipos de lulo (*Solanum quitoense*) al ataque de *Fusarium oxysporum*", *Rev. Cienc. Agríc.* 22(1-2), 1-11.

[13] S. Corrales, F. Varon, N. Barrera (1999) "Reconocimiento de nematodos y efecto de *Meloidogyne* spp. en el cultivo de lulo *Solanum quitoense* Lam.", *Acta Agron.* 49(3-4), 43-47.

[14] J. Ochoa, A. Gallardo (2005) "Estudio de la reacción de las accesiones de la sección Lasiocarpa de la familia Solanácea a *Fusarium oxysporum* f. sp. quitoense", INIAP, Quito, Ecuador, Informe anual 2004, p. 22.

[15] D. Buchelli (2015) "Evaluación y selección de nueve genotipos promisorios de naranja provenientes de cruzamientos interespecíficos adaptados a condiciones subtropicales en Tumbaco", Tesis de Ing. Agropecuario, Dep. de Ciencias de la Vida y Agricultura, Universidad

de las Fuerzas Armadas, Sangolquí, Ecuador.

[16] V. Harikrishan, S. Usha "2,4-D Razones para su prohibición mundial" Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México (RAPAM) Texcoco, México.

[17] INIAP (2006) "Informe técnico anual del Departamento Nacional de Protección Vegetal 2006". EESC. Quito, Ecuador.

[18] M. Pujota (2005) "Evaluación de la resistencia a *Meloidogyne incognita* y *Fusarium oxysporum*, en una colección de solanáceas, para mejoramiento de naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.). Tumbaco-Pichincha", Tesis de Ing. Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, UCE, Quito, Ecuador.

[19] S. Holm (1979) "A simple sequentially rejective multiple test procedure", *Scandinavian Journal of Statistics*, 6(2), 65–70.

[20] W. Conover, M. Johnson, M. Johnson (1981) "A Comparative Study of Tests for Homogeneity of Variances, with Applications to the Outer Continental Shelf Bidding Data", *Technometrics*, 23, 351–361.

[21] M. Lynch, B. Walsh (1998) "Genetics and analysis of quantitative traits". Sinauer Associates: Sunderland, United States.

[22] D. Bates (2010) "Generalized linear models".

Enlace:<http://www.stat.wisc.edu/courses/st849-bates/lectures/GLMH.pdf>. Fecha de consulta: 15 Febrero 2014.

[23] R Development Core Team. (2013) "The R project for statistical computing (Version 3.0.1)". Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.

[24] D. Bates, M. Mächler, B. Bolker, S. Walker (2015) "Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4", *J. Stat. Softw.*, 67(1), 1-48.

[25] H. Küppers (1982) "Color Atlas" Primera edición, Woodbury, NY, Barrons Educational Series Inc.

[26] S. Miranda (2012) "Evaluación del componentes tecnológicos para el manejo integrado de plagas en naranjilla (*Solanum quitoense* Lam. Var. INIAP *Quitoense*)" en Rio Negro, Provincia de Tungurahua", Tesis de Ing. Agrónomo. Univ. Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

[27] D. Gonzáles, L. Ordóñez, S. Vanegas, H. Vásquez (2014) "Cambios en las propiedades fisicoquímicas de frutos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) cosechados en tres grados de madurez", *Acta Agron.* 63(1), pp. 11-17.

[28] Frutas frescas Naranjilla, Requisitos INEN (2009) NTE INEN 2303

[29] E. Moreno (2014) "Análisis nutricional y estudio de la actividad antioxidante de algunas frutas tropicales cultivadas en Colombia", Tesis de M. Sc. Ciencia Químicas, Univ. Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

[30] F. Casierra-Posada, E. García, P. Lüdder (2004) "Determinación del punto óptimo de cosecha en el lulo (*Solanum quitoense* Lam. var. *quitoense* y septentrional)", *Agronomía Colombiana*, 22(1), 32-39.

[31] F. Casierra-Posada, O. Aguilar (2008) "Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cosechados en diferentes estados de madurez", *Agronomía Colombiana*, 26(2), 300-307.

[32] CIAT (2010) Informe Técnico proyecto "Productores de lulo y mora competitivos mediante selección participativa de clones elite, manejo integrado del cultivo y fortalecimiento de cadenas de valor FONTAGRO mora lulo" Palmira, Colombia.