

## ACEITE ESENCIAL OBTENIDO DE CÁSCARAS DE NARANJA EN DIFERENTES ESTADOS DE MADUREZ DE DOS CULTIVOS EN EL MUNICIPIO DE CHIMICHAGUA, COLOMBIA

Ricardo Durán Barón<sup>1</sup>; Aída Luz Villa<sup>1</sup>, Consuelo Montes de C.<sup>1</sup>; Carlos Mario Peláez J<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Antioquia, Grupo Catálisis Ambiental, Medellín. Tel: 2196509 - 2196609

<sup>2</sup>Universidad de Antioquia, Grupo GIEM, Medellín,

[directorgiem@gmail.com](mailto:directorgiem@gmail.com)

[ricadu6@yahoo.es](mailto:ricadu6@yahoo.es), [alvilla@udea.edu.co](mailto:alvilla@udea.edu.co), [cmontes@udea.edu.co](mailto:cmontes@udea.edu.co)

### Resumen

El departamento del Cesar dispone de 2630 Ha de cultivo de naranja que podría ser utilizada para la producción de jugo y el aprovechamiento de sus subproductos para la extracción de aceite esencial y pectinas. El objetivo de esta investigación fue la evaluación del efecto del estado de madurez de la naranja y de las condiciones de extracción por microondas en ausencia de solvente, sobre el rendimiento y la calidad del aceite esencial de cáscaras de naranja, cultivadas en dos lotes del municipio de Chimichagua (Departamento del Cesar), “Los Deseos” y “Nueva Esperanza”. Se muestrearon 16 árboles en lotes de una hectárea, la extracción se realizó del epicarpio de las naranjas en equipo microondas a presión atmosférica, utilizando un dispositivo Clevenger enfriado a -5 °C. En el lote “Los deseos” el contenido de aceite esencial (0.14 - 0.08 %), cenizas (3.52 - 3.31 %) y grasa (0.5 - 0.14 %) disminuyó al aumentar la madurez de la naranja. Lo mismo sucedió con las muestras del lote “Nueva Esperanza”, de las cuales se obtuvo un 600 % más de aceite esencial que del lote “Los Deseos”. Esto se puede deber a que el contenido de fósforo, boro, potasio, manganeso y zinc en el suelo “Los Deseos”, fue inferior al del suelo “Nueva Esperanza”, lo que influye en la producción de terpenoides, carbohidratos y azúcares. En los dos lotes, el contenido de limoneno en el aceite esencial superó el 97 % p/p en todos los estados de madurez y el contenido de  $\beta$ -mirceno,  $\alpha$ -pineno y  $\alpha$ -felandreno fue menor al 1 % p/p.

**Palabras claves:** aceite esencial, naranja, extracción por microondas, estado de madurez

### Abstract

The department of Cesar has 2630 Ha for orange growth that may be used for juice production and subproduct transformation into essential oil and pectins. The objective of this research was to evaluate the effect of orange maturity and the use of microwave extraction without solvent on the yield and quality of the essential oil from orange peels cultivated in two lots of Chimichagua town (Cesar department), “Los Deseos” y “Nueva Esperanza”. Sixteen trees in soil of a hectare were sampled; the extraction was carried out on the orange epicarp in a microwave under atmospheric pressure with a Clevenger device cooled at -5 °C. In the soil “Los Deseos”, the content of essential oil (0.14 - 0.08 %), ash (3.52 - 3.31 %) and fat (0.5 - 0.14 %) diminished with orange maturity. The same was observed in the soil “Nueva Esperanza”, with a level of essential oil higher than 600 % compared to “Los Deseos”. This result may be due to lower contents of phosphorus, boron, potassium, manganese and zinc in the soil “Los Deseos” with respect to the soil “Nueva Esperanza which affects the production of terpenoides, carbohydrates and sugar. In the two soils, limonene contents in

the essential oil overcomes 97 % in all the maturity states while  $\beta$ -mircene,  $\alpha$ -pinene and  $\alpha$ -phelandrene were lower than 1 %.

**Key words:** essential oil, orange, microwave extraction, fruit maturity

## I. Introducción

Según datos del año 2006, en el Departamento del Cesar existen 2630 Ha cultivadas con naranja, lo que corresponde al 28 % del total cultivado en el país. La producción se realiza con pocas labores agrícolas, sin conocimiento del suelo y la cosecha se lleva a cabo acorde a las necesidades del mercado sin tener en cuenta las condiciones adecuadas de madurez del fruto [1]. Dada la intención establecida en el plan de desarrollo del departamento de Cesar para el periodo 2007-2011, de desarrollar un complejo agroindustrial de la naranja en el centro del departamento [2], es necesario establecer la calidad de la naranja a diferentes estados de madurez y el aprovechamiento de los residuos para extraer aceite esencial y pectinas.

En Colombia la industria de jugo de naranja presenta diversos problemas, entre los que se destaca el que la materia prima no cumple con los requisitos de calidad [3], lo que conlleva a la necesidad de importar jugo de naranja congelado (40.6 %) y de naranjas frescas o secas (24 %) por un valor cercano a los 2.5 millones de dólares en el año 2005 [4]. El desarrollo de las frutas depende de factores internos y externos que pueden modificar sus características anatómicas, químicas, físicas y de comportamiento fisiológico [5]. Entre estos aspectos se encuentran las condiciones del suelo, las condiciones ambientales y las condiciones genéticas. Por esta razón, es necesario

analizar el suelo, evaluar la calidad del fruto y el contenido de aceite esencial.

En la corteza de naranja los componentes más importantes son de naturaleza terpénica (en su mayoría monoterpenos y aldehídos). El componente más abundante es el limoneno, con contenidos que varían entre 76 y 94.5 %. El linalol también se encuentra a una elevada concentración al igual que el mirceno. Otro monoterpeno carbonilo encontrado es la carvona, producto de oxidación en condiciones ácidas del limoneno, al igual que el  $\alpha$ -terpineol y el valenceno presente en la cera cuticular. Entre los aldehídos se encuentra el octanal, decanal y nonanal, cuya concentración generalmente aumenta con el estado de madurez [6-8].

En estudios realizados a la naranja Navel por 38 semanas, se detectó que el octanol, linalol y geranial, disminuyeron y el contenido en valenceno permaneció constante durante las primeras 22 semanas, y después incrementó y permaneció elevado, pero el mirceno no tuvo cambios significativos. A diferencia de las naranjas variedad Navel o Valencia, en las que el limoneno es el monoterpeno mayoritario, en la corteza de la naranja de Libia únicamente se ha encontrado un 52 % y alta concentración de linalol [9].

Durante la maduración ocurren cambios debidos a la reestructuración metabólica y química en los azúcares y los ácidos orgánicos, que influyen en el color, sabor,

olor y textura de la fruta. Uno de estos cambios es la transformación del almidón y los ácidos orgánicos en azúcares durante el proceso acelerado de respiración. En general para las naranjas, el contenido de azúcares disueltos aumenta, mientras que el contenido en ácidos, especialmente del ácido cítrico, disminuye y el pH del zumo varía ligeramente [10]. La mayor parte del aumento en peso fresco del fruto se debe a la acumulación de agua; su contenido es máximo inmediatamente antes o en el momento de la maduración comercial [11]. La composición química de las naranjas en relación con las estaciones, la variedad y el origen geográfico han sido muy estudiados [10, 12, 13], pero no existen reportes sobre las características de las naranjas y el contenido de aceite de las cáscaras en la zona agroecológica estudiada. El objetivo de este estudio es entonces, evaluar la evolución de la calidad del fruto y del contenido de aceite de la naranja, en diferentes estados de madurez, producida en dos suelos con unidades agrológicas diferentes.

## II. Materiales y métodos

El estudio se realizó en dos suelos cultivados con naranjas en el Departamento del Cesar, municipio de Chimichagua, uno corresponde al corregimiento Mandinguilla, vereda el Carmen, finca "Los deseos" (Coordenadas planas: N 1014988 – W1527263) con un relieve de lomerío y el otro el corregimiento Higo Amarillo, finca "Nueva Esperanza" (Coordenadas planas: N 1008903 – W1524140) con un relieve de planicie. En cada finca, se muestreó una hectárea de suelo cultivada con naranja valenciana con una producción entre 70 y 80 mil naranjas. Se utilizó una malla de 20

m<sup>2</sup>, muestreándose en total 16 puntos. En esos puntos de muestreo se tomaron muestras de suelo hasta un metro de profundidad y se colectaron naranjas de la cosecha de junio-julio de 2009, tomando muestras al azar de frutos de diferentes partes del árbol, siguiendo la norma NTC 756. Los frutos por punto de muestreo, se colectaron en canastillas plásticas y se lavaron en campo con agua potable para retirar la suciedad. En la planta piloto del programa de Agroindustria de la Universidad Popular del Cesar (UPC) se realizó el proceso de despulpado y conservación de la cáscara a -20°C (flavedo y albedo). El análisis fisicoquímico del jugo se realizó en el laboratorio de consultas Industriales del Centro de Investigación para el desarrollo de la ingeniería de la UPC y la extracción del aceite en el laboratorio del grupo Catálisis Ambiental de la Universidad de Antioquia. Se evaluó el calibre, diámetro, color, peso total, peso de jugo, cáscaras y semillas, el porcentaje de sólidos totales establecidos como °Brix, el pH y la acidez titulable del jugo como ácido cítrico y el índice de madurez como la relación entre °Brix/acidez titulable. Se utilizó un refractómetro Atago, modelo PAL 3840 para determinar °Brix, el pH se midió con un potenciómetro marca Thermo con corrección automática de temperatura y la acidez titulable se determinó en un titulador automático Metrohm 775.

El epicarpio almacenado a -20 °C se cortó en tamaños de 0.5 x 2 cm y se ubicó en un balón de 2.5 L en equipo microondas MARS de 2.45 GHz a presión atmosférica. El balón se acopló a un dispositivo Clevenger enfriado a -5 °C y la extracción fue a 600 W, la temperatura de ebullición se alcanzó a los 5 minutos y se calentó 10 minutos adicionales. El aceite colectado se secó con sulfato de sodio

anhidro y se analizó en un cromatógrafo de gases Agilent 7890 acoplado a un espectrómetro de masas Agilent 5975, usando columnas capilares de fases estacionarias apolar y polar equipado con un puerto de inyección *split/splitless* (*split* 1:30) y un sistema de datos *HP ChemStation*. Para la separación de las mezclas se utilizó una columna capilar DB-5MS con fase estacionaria de 5 % fenilpolimetilsiloxano (30 m x 0.25 mm, d.i. x 0.25 µm). La temperatura del horno se aumentó de 45 °C hasta 150 °C a 4 °C/min, luego hasta 200 °C a 5 °C/min, finalmente a 10 °C/min hasta 230 °C. Las temperaturas de la cámara de ionización y de la línea de transferencia fueron de 230 y 285 °C, respectivamente. El gas de arrastre empleado fue helio (99.995 %). Las pruebas por cáscara a diferentes estados de madurez y los análisis cromatográficos se realizaron por triplicado para determinar la reproducibilidad del procedimiento y del

análisis. Se realizó el análisis de varianza y la comparación de medias de cada tratamiento basado en el procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD), utilizando el software Statgraphics Plus versión 5.1.

### III. Resultados y discusión

En la tabla 1 se observa que el diámetro de sección ecuatorial de las muestras de naranja analizadas de la finca “Los Deseos” fue de 53 y 83 mm en los diferentes estados de madurez, cumpliendo así con el calibre mínimo de 53 mm exigido por la norma NTC 4086. El peso varió de 128.9 g en frutos de color uno hasta 273.4 g en frutos de color cinco, lo que califica a la naranja de este lote en un calibre entre C y D.

**Tabla 1.** Características de la naranja de finca “Los Deseos” a diferentes grados de madurez

Grado madurez	Peso (g)	Diam (mm)	% Jugo	°Brix	pH	Ácidoz (%)	Índice madurez (°Brix/ácido)	Cáscara (g)	Semilla (g)
< 0	132.7±32.0 <sup>a</sup>	63.3±5.6 <sup>a,c</sup>	43.65±3.3 <sup>a,b</sup>	10.2±0.5 <sup>a,b,c</sup>	3.0±0.2 <sup>a</sup>	1.92±0.2 <sup>a</sup>	5.3	69.7±15.5	3.1±1.2
0	181.0±33.9 <sup>b,c</sup>	71.3±5.0 <sup>ab</sup>	35.8±8.2 <sup>a</sup>	9.06±1.1 <sup>a</sup>	3.2±0.1 <sup>b</sup>	0.90±0.5 <sup>b</sup>	10.06	111±30.8	4.1±0.7
1	158.9±43.7 <sup>ab</sup>	67.7±6.6 <sup>b</sup>	50.9±6.2 <sup>b</sup>	10.4±0.7 <sup>b</sup>	3.8±0.5 <sup>c</sup>	0.73±0.2 <sup>b</sup>	14.28	74.4±20.3	4.2±1.7
2	179.0±58.8 <sup>c</sup>	69.9±8.6 <sup>b</sup>	50.4±12.1 <sup>b</sup>	10.9±1.2 <sup>c</sup>	4.0±0.5 <sup>c,d</sup>	0.56±0.1 <sup>b</sup>	19.4	83.1±31.8	3.5±1.7
3	178.0±54.1 <sup>b,c</sup>	69.7±6.6 <sup>b</sup>	50.1±12.7 <sup>b</sup>	10.7±1.3 <sup>b,c</sup>	4.0±0.4 <sup>c,d</sup>	0.56±0.2 <sup>b</sup>	19.12	75.7±19.3	3.9±1.8
4	221.5±52.1 <sup>b,c,d</sup>	75.9±7.0 <sup>b</sup>	48.4±3.9 <sup>b</sup>	12.0±1.8 <sup>c</sup>	4.0±0.4 <sup>d</sup>	0.51±0.02 <sup>b</sup>	23.52	93±26.6	3.4±1.8
5	205.7±95.8 <sup>d</sup>	73.1±12.1 <sup>ab</sup>	50.8±0.2 <sup>b</sup>	12.5±1.2 <sup>d</sup>	4.2±0.2 <sup>e</sup>	0.54±0.1 <sup>b</sup>	23.14	107±36.6	2.7±1.5

Todos los datos que se presentan son en base seca. Superíndices con igual letra no presenta diferencias significativas.

En cuanto al porcentaje de jugo, todos los grados de madurez presentan similitud con excepción del grado 0. En los °Brix existe similitud en el color de madurez 1 al

4 y diferencias altamente significativas en colores 0 y 5. Todos los estados de madurez superan el valor máximo de °Brix y porcentaje de jugo, con excepción del color cero; los valores de acidez son inferiores a 0.8 para color superior a uno y el índice de madurez aumenta con la maduración del fruto.

**Tabla 2.** Características de la naranja de finca “Nueva Esperanza” en diferentes grados de madurez

Grado madurez	Peso (g)	Diámetro (mm)	Jugo %	°BRIX	pH	Acidez (%)	Cáscara (g)	Semilla (g)	Índice de madurez
1	210±4	73.6±6	55.2±5.	10±0.7	4.1±0.	0.58±0	93.3±25.	3.1±1.2	19.5±8.6
2	192.2	72.0±6	54.3±5.	10.1±0.	4.0±0.	0.55±0	86.0±19.	3.9±1.9	19.1±5.9
3	173.6	70.1±4	55.2±4.	10,7±0.	4.0±0.	0.51±0	73.5±16.	3.9±1.2	20.6±3.5
4	163.7	71.4±1	47.7±6.	9.2±0.4	3.7±0.	NC	70.6±25.	1.3±1.2	n.a.
5	215.1	75.3±9	47.8±2.	11.5±0.	3.7±0.	NC	103.4±36	5±0.78	n.a.

Todos los datos que se presentan son en base seca. (n.a.): no analizado

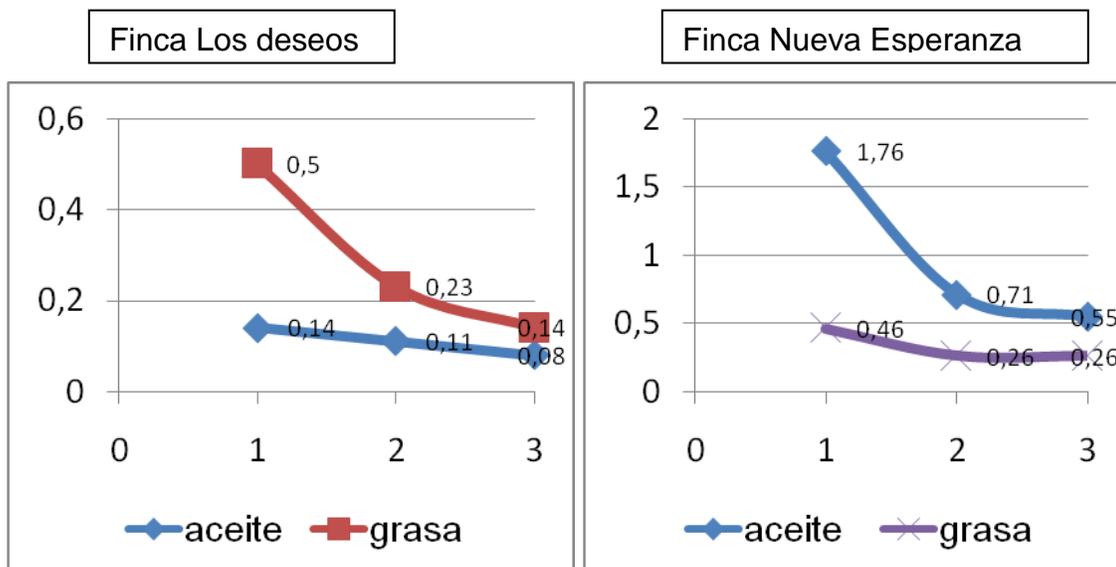
Con respecto a las muestras de la finca “Nueva Esperanza”, el contenido de jugo de todos los estados de madurez superan el 40 %, los sólidos solubles variaron entre 9.2 y 11.5 %, la acidez fue menor de 0.58 y el índice de madurez superior a 19.1. Se observa que hasta el color tres, la naranja cumple con los requisitos para ser utilizados en la industria, un % jugo superior al 50 %, °Brix superior a 10.5; acidez entre 0.5 y 0.7 y un índice de madurez superior al 15 %.

Comparando los resultados de la calidad de la naranja en los dos suelos, se observa que en el suelo “Los Deseos” en grado de madurez dos, la naranja es más pequeña, de menor peso, el porcentaje de jugo es menor en un 5 % y el índice de madurez ligeramente inferior; los °Brix son mayores y el pH y la acidez son relativamente iguales. Para los dos lotes, se puede concluir que del color dos en

adelante en todas las naranjas, pueden ser consumidas en fresco, contrario a lo establecido por la norma NTC4086 que sugiere que las mejores características organolépticas para el mercado en fresco y procesado se satisfacen a partir del color tres. Comparados los resultados de los dos lotes con diferentes zonas productoras de Cundinamarca en color de madurez tres, se encuentra que el diámetro, el contenido de jugo y el índice de madurez son mayores que los de las muestras de naranja cultivadas en Cundinamarca, la acidez es menor y solo la supera en peso la zona de Rionegro [14]. Lo anterior, ratifica la excelente calidad de la naranja de estos dos lotes, las excepcionales condiciones agroecológicas de la zona y su posible uso como parte de un proceso agroindustrial.

Adicionalmente, para complementar el aprovechamiento de subproductos y la

búsqueda de disminución de contaminación en el proceso productivo, en la grafica 1 se presentan los resultados de la extracción de aceite en base seca, utilizando microondas y el contenido de agua de la cáscara como solvente.



**Grafica 1.** Variación del contenido del aceite y del extracto etéreo (grasa) a varios estados de madurez

Se observa que el máximo contenido de aceite en base seca de cáscara de naranja de la finca “Los Deseos”, se obtiene en estado de madurez uno (0.14 %) y disminuye hasta 0.08 % en estado de madurez 3. En la grafica 2, se observa que el contenido de aceite en base seca de cáscara de naranja del suelo “Nueva Esperanza”, es mayor en estado de madurez uno (1.76%) y disminuye hasta 0.55 %, teniendo el mismo comportamiento que el suelo “Los Deseos”, pero con contenidos superiores, incluso mayores a los reportados por otros autores (rendimientos cercanos al 0.4 %) [7].

En la tabla 3, se observa una gran variación del contenido de limoneno, debido posiblemente a la no homogeneidad de las características del suelo, especialmente entre la parte alta y baja del lote. El contenido de mirceno aumenta en el grado de madurez 2 y 3, diferente a lo obtenido por algunos autores que reportaron que no cambiaba con el estado de madurez. Para el suelo “Nueva Esperanza”, tabla 4, la estabilidad en el contenido de limoneno (94 - 97.6 %) puede deberse a la alta homogeneidad del suelo; el contenido de mirceno disminuye al aumentar la madurez; el sabineno, careno y  $\alpha$ -felandreno no varían con la

madurez y el  $\alpha$ -pineno aumenta de madurez uno a madurez dos y se mantiene estable.

**Tabla 3.** Compuestos presentes en el lote “los Deseos” a diferentes grados de madurez

<b>Compuesto</b>	<b>Madurez uno</b> (%)	<b>Madurez dos</b> (%)	<b>Madurez tres</b> (%)
Limoneno	96.01-97.49	90.5 – 97.9	49.3-97.41
$\beta$ -Mirceno	0.23-0.3	0.13-1.22	0.33-0.95
Sabineno	0.13-0.24	0.17-0.2	0.09-0.2
$\alpha$ -pineno	0.07-0.21	n.d.	0.24-0.31
$\alpha$ -felandreno	0.22	n.d.	n.d.
$\alpha$ -Tujeno	n.d.	0.20-0.21	0.086-0.09
Biciclo[3.1.1]hept-2-eno, 3,6,6-trimetil	n.d.	n.d	0.1-0.28

(n.d.) no detectable

Como las condiciones agroecológicas y el origen genético de los dos lotes de naranja son iguales, la diferencia en la calidad de la naranja y el contenido de aceite esencial de los lotes “Nueva Esperanza” y “Los Deseos” solo puede deberse a diferencias en el suelo donde está establecido el cultivo y las condiciones de manejo. En la tabla 5, se observa que el suelo “Nueva Esperanza”, no tiene problemas de salinidad, los valores de pH se aproximan a los valores óptimos y no existe toxicidad por aluminio. Los contenidos de materia orgánica son muy bajos, lo cual es propio del suelo de la Costa Atlántica por lo que requieren de una fuente adicional de materia orgánica o adición de una fuente nitrogenada.

**Tabla 4.** Compuestos presentes en lote “Nueva Esperanza” a diferentes grados de madurez

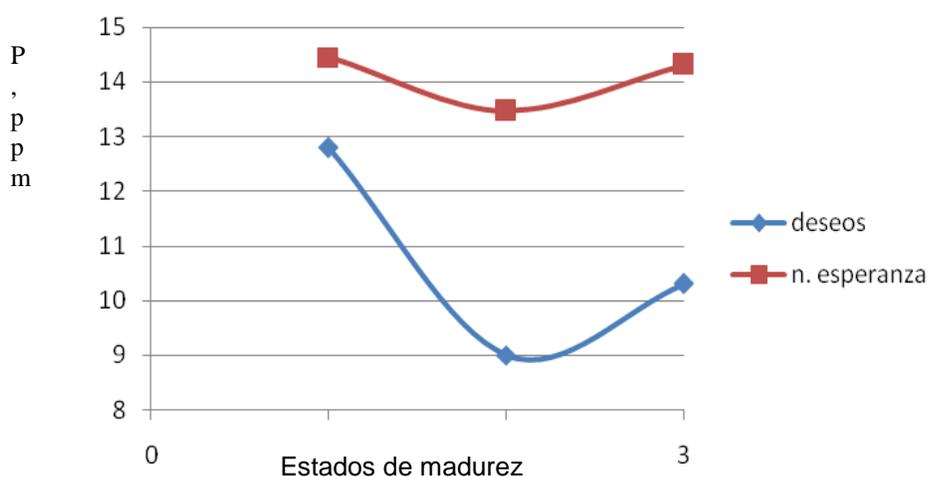
Compuesto	Madurez uno	Madurez dos	Madurez tres
	(%)	(%)	(%)
Limoneno	94.3-97.6	97.04-97.6	97.4-97.6
$\beta$ -mirreno	1.66-1.92	0.93-1.15	0.9-0.96
Sabineno	0.17-0.25	0.14-0.18	0.17-0.18
1R $\alpha$ -Pino	0.18-0.36	0.32-0.35	0.32-0.33
$\alpha$ -Felandreno	0.05-0.06	0.04-0.05	0.04-0.05
Careno	0.11-0.18	0.09-0.12	0.11-0.12

**Tabla 5.** Contenido nutricional de los suelos de los lotes estudiados

Propiedad	“Los Deseos” zona alta	“Los Deseos” zona baja	“Nueva Esperanza”	Nivel apropiado[15]
pH	4.1 – 5.8	4.7 – 5.5	5.30-5.6	5.5-6.0
Materia orgánica, %	< 0.6	< 1	0.63-0.64	2.6
P, ppm	5 – 25	< 10	21.6-76.2	26.0
Conductividad eléctrica,	0.8-26.1	< 0.6	1.30-1.58	1.1
Al intercambiable, cmol/Kg	1.1 – 2.8	1.5 – 2.8	1.15-1.55	0.51
Na intercambiable, cmol/Kg	0.5 – 18.5	0.5 – 1.0	0.31-0.75	0.71
K intercambiable, cmol/Kg	0.7 – 2.64	0.05 – 0.15	0.08 -0.1	0.31
Mg intercambiable, cmol/Kg	0.20 – 1.73	0.12 – 0.83	0.2-1.0	2.6
Ca intercambiable, cmol/Kg	2.0 – 34.7	1.0 – 7.9	1.28-3.08	4.1
Porcentaje sodio intercambiable	3.3-54.7	5.6-45.0	10.7-11.1	15.0
Saturación de aluminio, %	2.2-31.3	14.8-43.7	31.3	30.0
Fe, ppm	2.5 – 17.5	5.0 – 34.8	38.2-47.4	15.0
Cu, ppm	2.5 – 3.0	2.2 – 3.3	1.57-1.71	1.51
Zn, ppm	> 3.1	> 2.1	7.28-7.88	2.1
Mn, ppm	7.5-26.1	16.75-27.35	74.27±22	7.1
B, ppm	0.0016-0.019	0.08-0.16	0.25±0.003	0.31

Se observan diferencias marcadas en cuanto al contenido de fósforo disponible, siendo suficientes y mayores los existentes en el lote “Nueva Esperanza” comparado con “Los Deseos”, esto puede explicar la diferencia en el contenido de aceite esencial, ya que el fósforo es parte

fundamental de la ruta del mevalonato donde biosintéticamente se produce isopentilpirofosfato (IPP) y dimetilpirofosfato (DMPP) [16] que se combinan para formar el geranilpirofosfato que luego de eliminar el grupo pirofosfato forma los monoterpenos, base fundamental de los aceites esenciales.



**Grafica 2.** Contenido de fósforo en cáscaras de naranja a diferentes estados de madurez

En la gráfica 2, se observa que los contenidos de fósforo total son superiores en las cáscaras del lote “Nueva Esperanza” y son superiores en el estado de madurez 1 y 3 para los dos lotes. Se podría afirmar que el contenido de fósforo en el suelo es correlacionable con el contenido de fósforo en las cáscaras y la presencia de aceite esencial.

El potasio en los cítricos se remueve en grandes cantidades especialmente a través del fruto, y cumple funciones fisiológicas especialmente la formación de azúcares y almidones, crecimiento y división celular, translocación de azúcares desde las hojas al fruto y regulación

hídrica. La deficiencia presenta frutos pequeños, de cáscara delgada y acidez baja [17]. Los valores de potasio del lote “Los Deseos” son superiores al lote “Nueva Esperanza”, tal vez eso explica que el contenido de sólidos solubles totales (tablas 1 y 2) sea ligeramente superior en el lote “Los Deseos”. Lo mismo se observó con respecto al calcio y al magnesio que se encuentra en valores superiores en la parte alta del lote “Los Deseos”, ya que el Mg interviene en la síntesis de carbohidratos y durante la floración y fructificación se transloca hacia los brotes y frutos. La deficiencia de magnesio se evidencia en frutos pequeños, piel delgada, contenido bajo de

azúcares y acidez y la deficiencia de calcio produce frutos pequeños y deformes, bolsas de jugo arrugadas, cáscara áspera y gruesa. Es necesario realizar estudios adicionales a las hojas, pulpa y cáscara para poder confirmar esta tendencia.

Los contenidos de boro en el lote “Nueva Esperanza” aunque deficientes, son muy superiores a los del lote “Los Deseos”. El contenido de boro influye en el transporte de azúcares desde las hojas a los frutos, en la reproducción y la germinación del polen, siendo el micronutriente que más influye en el rendimiento y la calidad de los frutos, ya que la deficiencia produce frutos duros, pequeños, con poco jugo, de cáscara gruesa y áspera y con puntos de goma en el interior de los gajos.

#### **IV. Conclusiones**

En esta investigación se encontró que en los dos lotes de naranja del departamento del Cesar analizadas, el contenido de aceite esencial decreció con el estado de madurez de los frutos; sin embargo, el contenido de aceite esencial fue menor en naranjas de la finca “Los Deseos” que la finca “Nueva Esperanza”. Es posible inferir que el contenido de fósforo disponible en el suelo afecta la formación de terpenos ya que existe menor cantidad en el suelo y en las cáscaras del suelo “Los Deseos”.

La naranja cultivada en los suelos analizados es de muy buena calidad, apta para la agroindustria y las cáscaras podrían aprovecharse para producir aceite esencial con contenidos superiores a otras regiones del país. Adicionalmente, las condiciones agroecológicas son

adecuadas para el cultivo de la naranja, aunque es necesario establecer un manejo adecuado del cultivo que permitiría homogeneidad en la producción e incluso mejorar los criterios de calidad.

Los resultados de este estudio, sugieren que se puede cosechar naranja a partir de grado de madurez dos, ya que a partir de éste la naranja cumple con los estándares de calidad exigidos por la industria y en grados de madurez superiores los supera.

#### **V. Referencias Bibliográficas**

- [1] Plan de desarrollo. (2007-2011) “Un Cesar para todos”.Departamento del Cesar.
- [2] Gobernación cesar (2006). Estadísticas Corporación Colombia Internacional.
- [3] [IICA] (2000). Acuerdo de competitividad de la cadena productiva de los cítricos. Secretaría técnica. Bogotá. competitividad No.19. Corporación Colombia internacional, CCI.
- [4] Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Perspectivas del Sector Agropecuario Segundo Semestre de 2005.
- [5] Soule J., Grierson W. (1986). Anatomy and physiology in Fresh Citrus Fruits. AVI. Nueva York: 395 p.
- [6] Ferhat, M.A., (2006). An improved microwave Clevenger apparatus for distillation of essential oils from orange peel. J. Chromatogr. A **1112** : 121–126.
- [7] Rojas, J., Perea A., Stashenko, E., (2009). Obtención de aceites esenciales y

pectinas a partir de subproductos de jugos cítricos. *Vitae*. **16** (01):.110-115.

[8] Bousbia, N., (2009). A new process for extraction of essential oil from Citrus peels: Microwave hydrodiffusion and gravity Journal of Food Engineering **90**: 409–413.

[9] Bueso, J. (1999). Constituyentes aromáticos del zumo de naranja. Efecto del procesado industrial. Tesis Doctor en Ciencias Químicas. Universidad de Murcia.

[10] Li-ying, N., Ji-hong W., (2008). Physicochemical Characteristics of Orange Juice Samples From Seven Cultivars. *Agricultural Sciences in China*. **7**(1): 41-47.

[11] Guardiola, J.L., (1992). Cuajado y crecimiento del fruto. *Levante Agrícola* **321**: 229-242.

[12] Barry, G.H., Castle W.S., Davies F.S., (2003). Variability in juice quality of Valencia Sweet orange and sample size estimation for juice quality experiments. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. **128**: 803-808.

[13] Lee, H., Castle W.S., (2001). Seasonal changes of carotenoid pigments and color in Hamlin, Earlygold, and Budd Blood orange juices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **49**: 877-882.

[14] Ríos G., Forero C., Zuluaga L. (2007). Zonificación y caracterización de sistemas de producción de naranja común (citrus Sinensis) que utilizan criterios de BPA. Cundinamarca: Corpoica-Minagricultura.

[15] [Corpoica] Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. (2006). Prácticas de establecimiento y manejo de

plantaciones de cítricos tecnificados. Colombia: Boletín técnico No. 29.

[16] Devlin T.M. (2004). *Bioquímica*. 4ª edición. Barcelona: Reverté ISBN 84291-7208-4

[17] Molina, E. (1999). Fertilización y nutrición de naranja. Costa Rica: Congreso Nacional de suelos.

### Agradecimientos

Los autores agradecen el soporte financiero de Colciencias, SENA y UdeA a través del proyecto 1115-479-22043; a Colciencias y UdeA a través de CENIVAM Contrato RC No. 432. R.D.B. agradece a la Universidad Popular del Cesar, Colciencias y a la Gobernación del Cesar, por su beca doctoral. A Gonzalo Jiménez, propietario del lote de naranja en la Finca “Los Deseos” y la familia Flórez, propietaria del lote de naranja “Nueva Esperanza”. Al Dr. Juan Carlos Quintero, del Grupo Bioprocesos, por el apoyo para el análisis de las muestras.