

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE TRES CULTIVARES DE  
TOMATE INDUSTRIA

por

Fabiana BONFIGLIO CAPRILE  
Raquel HERNÁNDEZ PIÑEYRÚA

TESIS presentada como uno de  
los requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2013

Tesis aprobada por:

Directora: -----

Ing. Agr. PhD. María Cristina Cabrera Bascardal

-----

Ing. Agr. MSc. Fernanda Isabel Zaccari Veiga

-----

Ing. Agr. MSc. Marta Del Puerto Di Landro

Fecha: 26 de diciembre del 2013

Autor: -----

Fabiana Bonfiglio Caprile

Autor: -----

Raquel Hernández Piñeyrúa

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestra Tutor María Cristina Cabrera, por apoyaron en la tesis propuesta por nosotras.

A los docentes que han compartido su conocimiento a lo largo de toda la carrera, y a todo los compañeros de estudios que en diferentes etapas han sido muy importantes en el avance de carrera.

Al laboratorio de Fisiología y Nutrición de la Facultad de Agronomía por el apoyo en los análisis. Especialmente a Fernanda Zaccari.

A la biblioteca por el excelente servicio que dan.

Y sobre todo a nuestras familias que incondicionalmente nos han dado el apoyo para poder llegar al final de nuestros estudios y su tiempo para que podamos seguir adelante.

Sebastián, Tomas, Pía, Agustín, Yolanda, Wilmar, Haydee, Toto, Vilma (Familia de Fabiana).

Javier, Bruno y Amalia; Yolanda y José; Coco y Abu. (Familia de Raquel)



3.1 MUESTRA DE TOMATE.....	29
3.2. DETERMINACIÓN COLOR EXTERNO.....	29
3.3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE LICOPENO.....	30
3.4. CUANTIFICACIÓN DE MINERALES.....	31
3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	31
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	32
4.1. COLOR.....	32
4.2. LICOPENO.....	36
4.3. MINERALES.....	37
4.3.1. <u>Cobre</u> .....	37
4.3.2. <u>Zinc</u> .....	38
4.3.3. <u>Selenio</u> .....	39
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	41
6. <u>RESUMEN</u> .....	42
7. <u>SUMMARY</u> .....	43
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	44
8. <u>ANEXOS</u> .....	51

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Figura No.	Página
1. Foto de los frutos de dos variedades de INIA (Repique y Milongón) e Híbrido (F1) de Heinz H.9997.....	4
2. Estructura química de $\beta$ caroteno y licopeno.....	13
3. Cambios en el metabolismo y composición del fruto durante la maduración.....	14
4. Vías de biosíntesis de carotenoides.....	17
5. Biosíntesis de carotenoides.....	20
6. Sistema CIELab.....	30
7. Fruto de tomate con daño de trips.....	34

## Tabla No

1. Tabla de composición de micronutrientes cada 100g de tomate crudo.....	11
2. Valor nutritivo del tomate por 180 g. de producto comestible.....	11
3. Efectos de la temperatura en la síntesis de carotenos.....	22
4. Recomendación dietaria de ingesta diaria (RDA) de cobre, selenio y zinc en (mg/día).....	25
5. Valores de L*, a*, b* y a*/b* de frutos tomate industria (H.9997, Milongón y Repique) y sus respectivos desvió estándar.....	32
6. Relación a*/b* para los cultivares Milongón, Repique y el híbrido Heinz (H.9997) evaluados por LATU.....	35
7. Licopeno (mg/ 100 g de tomate fresco) de H.9997, Milongón y Repique .....	36
8. Media de Cobre de H.9997, Milongón y Repique y sus diferencias entre los cultivares, medido en mg/100 g de tomate fresco.....	38
9. Media de Zinc de H.9997, Milongón y Repique y sus diferencias entre los cultivares, medido en mg/100 g de tomate fresco.....	39

10. Media de Selenio de H.9997, Milongón y Repique y sus diferencias entre los cultivares, medido en mg/100g de tomate fresco.....	40
--	----



## 1. INTRODUCCIÓN

En área hortícola el complejo agro-industrial más importante es el del tomate. Se estima que el consumo de tomates industrializados equivale a unas 30-40 mil toneladas de tomate fresco por año, de las cuales el sector primario nacional abastece en un 20-25% (González et al., 2011).

En década de los noventa la producción a nivel nacional disminuyó mucho por falta de competitividad, debido fundamentalmente a la apertura económica y el atraso cambiario, ingresando a nuestro país tomate industrializado desde el exterior, Chile y Argentina principalmente.

Hoy en día el tomate industria corresponde a un 57% (8200 toneladas) del total de las hortalizas procesadas; pulpa tamizada/puré (40%), triturado (29%), concentrado / extracto (18%) y salsas (12%) (URUGUAY. MGAP. DIEA Y URUGUAY. MGAP. DIGEGRA, 2011).

En la crisis del 2002 el Ministerio Agricultura y Pesca propuso reactivar al sector sustituyendo las importaciones y activando la industria, con el Plan Negocio Tomate Industria. Es por esto que INIA comenzó a relevar e investigar la tecnología necesaria para la producción del mismo, buscando levantar algunas restricciones.

Según González et al. (2011), lo primero que se hizo en el 2003 fue evaluar las variedades que se adaptaran bien a nuestras condiciones ambientales. A partir de estas evaluaciones se notó que muchos tenían discontinuidad productiva entre años y en los mismos años y también discontinuidad en la importación de semillas de buenas variedades híbridos por

las empresas importadoras.

Por esto es que INIA resuelve en el 2005 producir semilla nacional atendiendo a la demanda nacional, buscando una estabilidad de oferta de insumos y estabilidad en rendimientos para este sector.

La variedad Loica es creada por INTA, se origina a partir de Roma por Platense y fue introducida al país por la Estación Experimental Las Brujas del CIAAB en la década de 70. A partir de entonces es estudiado su comportamiento en algunos ensayos de la década del 70 y 80, confirmando en este período su estabilidad productiva bajo diferentes ambientes, con rendimientos proporcionales a los cambios ambientales pero siempre superior al promedio y buen comportamiento ante las principales enfermedades que lo atacan (Izquierdo et al., citados por González, 2006).

La variedad Loica no estuvo disponible comercialmente y fue mantenido por algunos productores del sur del país confirmando adaptación y tolerancia a los principales problemas sanitarios (González, 2006). Es por esto que se toma como base parental en los cruzamientos y luego en variedades desarrollados por INIA.

La variedad "Repique", derivado del cruzamiento realizado en INIA Las Brujas en 2005 entre 'Loica' y 'H.6803' y la variedad "Milongón", derivado del cruzamiento realizado en INIA Las Brujas en 2005 entre 'Loica' y 'Granadero'. El híbrido 'H.9997' se toma como un estándar de muy buena calidad para la industria (González et al., 2011).

Milongón es una variedad de tomate determinado, con planta de tamaño medio a grande y vigorosa que deja la fruta cubierta por follaje y madura en

forma poco concentrada. Su ciclo de producción es medio a largo (100 días a primera cosecha) y tiene buena estabilidad productiva entre años. Presenta buena resistencia a los virus del género *Tospovirus* (peste negra) y muy buena tolerancia respecto a las principales enfermedades del follaje. La fruta es de forma oval y tamaño promedios grande (100 gr), de maduración uniforme, firme y con desprendimiento parcial del pedúnculo (González et al., 2011).

Repique es una variedad de tomate determinado, de planta grande y vigorosa que deja la fruta semiexpuesta y madura en forma concentrada. Su ciclo de producción es corto (90 días a primera cosecha) y tiene una muy buena estabilidad productiva a través de los años. Presenta resistencia muy alta a los virus del género de los *Tospovirus* (peste negra). La fruta es de forma rectangular tamaño promedio, medio a chico (70 gr) de maduración uniforme y buena firmeza, desprendiéndose de la planta sin el pedúnculo. Se destaca por su intenso color rojo en la madurez, buenos aportes de viscosidad y alto contenido de sólidos solubles totales (González et al., 2011).

HEINZ (H9997) es un híbrido F1, con resistencia a *Fusarium* (*Oxiporum*, fsp *lycopersico* 0 y 1). También a *Verticilium* y nematodos (González y Berrueta, 2008). El mismo posee una forma de fruta cuadrada, color externo rojo con hombro amarillo. Posee un rendimiento alto, buen comportamiento sanitario, ciclo corto, cosecha concentrada, tamaño de fruto medio, de muy buena aptitud industrial (González et al., 2007). En la figura No. 1 se pueden apreciar los frutos de dos variedades de INIA (Repique y Milongón) e Híbrido (F1) de Heinz H.9997.

Figura No. 1. Foto de los frutos de dos variedades de INIA (Repique y Milongón) e Híbrido (F1) de Heinz H.9997.



Al interés de las características del tomate para la industria se suma en los últimos años el interés por las características nutricionales como una demanda creciente del consumidor. Esto ha motivado a emprender nuestro trabajo de tesis de grado en la temática buscando caracterizar nutricionalmente las tres variedades de tomate industria desarrolladas por INIA: las variedades LB85 (nombre comercial-Repique) y LB99 (nombre comercial-Milongón) y una

variedad híbrido de Heinz (H.9997) (González et al., 2011).

A continuación se presenta una revisión bibliográfica de los aspectos que hacen al objetivo del trabajo, en cuanto a los parámetros que estudiaremos y la importancia que tienen en la elección del tomate para consumo como el color o de la importancia a nivel nutricional.

El objetivo principal de esta Tesis es caracterizar nutricionalmente y por color, tres variedades de tomate utilizados para la industrialización (Milongón, Repique y Heinz H.9997).

Como objetivos específicos se busca determinar el contenido total de contenido en minerales esenciales, específicamente cobre, zinc y selenio, la cantidad de licopeno a través de la ecuación elaborada por Zapata et al. (2007a), y el color en las tres variedades estudiadas.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. COLOR

El índice de color de los frutos de tomate es un indicador externo del estado de madurez y de la vida postcosecha de los mismos. Asimismo el color es un atributo importante en la calidad del alimento y la base inicial junto a la textura de aceptación o rechazo por parte del consumidor (Zapata et al., 2007b).

Según Curtis et al. (2008), para que la energía lumínica pueda ser utilizada por los sistemas vivos primero debe ser absorbida, es allí donde entran en juego los pigmentos que son sustancia que absorben luz. Cuando absorben luz de toda longitud de onda el color es negro. Sin embargo si absorben en otras longitudes de onda transmiten o reflejan el color que no absorben. El patrón de absorción de un pigmento se conoce como espectro de absorción de esa sustancia. La luz visible es solo una parte muy pequeña de un amplio espectro de absorción, que comprenden las longitudes de onda de 400nm a 700nm.

La clorofila y los carotenoides tienen un determinado espectro de absorción o de refracción. El color de los carotenoides se encuentra enmascarado por la clorofila en los tejidos fotosintéticos (Bartley y Scolnic, 1995).

Según Curtis et al. (2008), la clorofila hace que las hojas se vean verdes porque absorbe luz en las longitudes de onda violeta, azul y también en

el rojo, reflejando el color verde. La clorofila y los carotenoides se encuentran unidos a proteínas que atraviesan las membranas de los tilacoides, formando las antenas clorofílicas o complejos de captación de luz.

Los cambios de color durante la maduración del tomate son el resultado de la degradación de la clorofila y la síntesis de carotenoides, principalmente el licopeno. Los cloroplastos son convertidos dentro de los cromoplastos. Esto provoca cambios en luminosidad, tono y saturación.

Los carotenoides contribuyen a los colores rojo, amarillo y naranja de muchos frutos y flores. También son factores de atracción para la polinización de las flores (Hannoufa y Hossain, 2011).

Los carotenoides recogen, en particular la luz radiante en la región azul del espectro (400- 600nm), una región que no es cubierta por las clorofilas (Arango, 2006). La energía absorbida por los carotenoides en esta longitud de onda puede ser transferida al centro de reacción fotosintética vía clorofila (Bartley y Scolnic, citados por Arango, 2006). Adicionalmente los carotenoides actúan como atenuadores de los estados excitados de la clorofila, que son generados durante la fotosíntesis.

La biosíntesis de carotenoides y su regulación durante el desarrollo y maduración de los frutos, es un complejo proceso que ocurre durante la diferenciación de los cloroplastos en cromoplastos y cambia las propiedades organolépticas de los frutos (Bramley, 2002).

El color del tomate es el resultado de la presencia de diversos carotenoides donde van aumentando la concentración sujetos a la regulación genética y ambiental (Arias et al. 2000, López y Gómez, citados por

Radzevicius et al. 2009).

En el caso de tomate, el color rojo se encuentra directamente relacionado con los contenidos de licopeno (carotenoide de 40 átomos de carbono) el cual es predominante en el fruto. Este se acumula durante su maduración. Este compuesto determina no solo el color sino la actividad biológica y antioxidante que le confiere la capacidad anticancerígena y preventiva de enfermedades cardiovasculares (Lozano et al., 2002).

El tomate es climatérico por lo tanto sigue madurando después de recolectado, alcanza su madurez organoléptica óptima. Es allí donde el fruto alcanza el máximo color rojo sin el ablandamiento de los tejidos (Radzevicius et al., 2009).

La calidad del tomate está relacionada con el desarrollo óptimo del color y del sabor (Zapata et al., 2007a). Por medio del colorímetro con el sistema CIELab, se determina los parámetros de luminosidad, tono y saturación del color. Estos parámetros son calculados a partir de los valores  $a^*$ ,  $b^*$  y  $L^*$ , donde  $a^*$  va desde  $-a^*$  (verde) a  $+a^*$  (rojo),  $b^*$  va desde  $-b^*$  (azul) a  $+b^*$  (amarillo).y  $L^*$  va desde cero (negro) a 100 (blanco). La luminosidad o brillo es la cantidad de luz emitida o reflejada por un objeto, y en un color sería la claridad o la oscuridad del mismo

Según expresan López Camelo y Gómez (2004), la identificación humana de los colores es bastante compleja donde las sensaciones como brillo, intensidad, claridad, viveza y otros modifican la percepción de la colores primarios (rojo, azul, amarillo) y sus combinaciones (naranja, verde, púrpura, etc.), lo que significa que en muchos casos la definición del color es una cuestión de subjetiva interpretación.



Tono o ángulo Hue ( $H^\circ = \arctan (b^* / a^*)$ ), se define como todos los colores del círculo cromático, primarios, secundarios e intermedios. Se puede decir que cuando se va de la izquierda o a la derecha en el círculo cromático se produce un cambio de tono. El valor del ángulo Hue se expresa en grados que van de  $0^\circ$  (inclusive) a  $360^\circ$  (excluido).

Para saturación, también llamado Croma ( $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ ), este concepto representa la pureza o intensidad de un color particular, la viveza o palidez del mismo, y puede relacionarse con el ancho de banda de la luz que estamos visualizando. Los colores puros del espectro están completamente saturados. También puede ser definida por la cantidad de gris que contiene un color: mientras más gris o más neutro o menos "saturado". Igualmente cualquier cambio hecho a un color puro automáticamente baja su saturación.

López Camelo y Gómez (2004) determinaron que tanto Hue como Croma no eran buenos indicadores de color en la modificación de color que se produce durante la maduración del tomate. En este trabajo los dos parámetros Hue y Croma, no se diferenciaban estadísticamente durante el cambio de color de los frutos de tomate durante el proceso de la maduración, mientras que en términos de la percepción del ojo humano eran significativamente diferentes.

También Zapata et al. (2007a) determinaron estos parámetros (Hue y Croma), desde que el color de fruto es verde a cuando estos están pronto para su consumo y demuestran como en distintos estadios no presentan diferencias significativas, a pesar de que las medias de  $a^*$  son significativamente diferentes, demostrando por lo tanto, que estos no pueden ser utilizados como buenos indicadores de color.

Tanto López Camelo y Gómez (2004), como Zapata et al. (2007), en cada uno en sus trabajos demuestran que el mejor índice de color para tomate es el ratio  $a^*/b^*$ .

## 2.2. CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DEL TOMATE

Esta hortaliza de fruto contiene carotenoides ( $\beta$  carotenos, licopenos) vitamina C, Calcio y fósforo entre otros minerales, importantes todos estos para la salud humana.

Los  $\beta$  carotenos son los precursores de la vitamina A y junto a la vitamina C protegen contra agente generadores de radicales libres. Los radicales libres dañan las células, generando problemas crónicos del corazón, del pulmón y hasta cáncer. Son importantes anticarcinogénicos. En tanto el licopeno, actúa disminuyendo la oxidación del colesterol de baja densidad, reduciendo el riesgo de contraer enfermedades cardíacas (Badui, 2006). Son importantes antioxidantes.

A su vez la vitamina C interviene en la formación de colágeno, hueso, en las hormonas, regeneración de la vitamina E, y es importante en la absorción del hierro a nivel intestinal en los alimentos a base de granos.

A nivel nacional los datos encontrados de micronutrientes de tomate frescos en la página web del Mercado Modelo son los siguientes:

Tabla No.1. Tabla de composición de micronutrientes cada 100 g de tomate crudo.

Calcio	15mg
Fósforo	26mg
Hierro	1.1mg
Vitamina A	8.9ug
Vitamina C	16ug

Fuente: MTSS. INA (2013).

Por otro lado en la bibliografía consultada internacional se encontraron los datos expuestos a continuación (tabla No. 2)

Tabla No. 2 Valor nutritivo del tomate por 180 g de producto comestible (cada RE son 6 ug de  $\beta$  carotenos).

Nutrientes	Cantidad
Carotenoide	111.60 RE
Beta Caroteno	653.40 ug
Vitamina A RE	111.60 RE
Vitamina C	34.38 mg
Cobre	0,13mg
Selenio	0.00072 mg
Zinc	0.16 mg

Fuente: Agros (2011).

### 2.2.1. Carotenoides

Los carotenoides se encuentran dentro de los pigmentos. Estos son orgánicos y están presentes en las plantas, así como en otros organismos fotosíntesis como algas, algunas clases de hongos y bacterias. Se conoce la existencia de más de 600 compuestos pertenecientes a este grupo (Rodríguez y Magro, 2008).

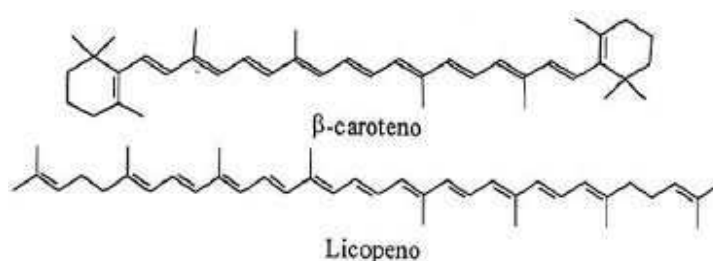
Estos son esenciales para que las plantas realicen la fotosíntesis, ya que actúan como atrapadores de la luz solar y, en forma muy especial, como escudo contra la foto oxidación destructiva (Badui, 2006). También actúan en el desarrollo y crecimiento de las plantas, ya que, al menos, dos principales fitohormonas, estrigolactonas y ácido abscísico, derivan a partir de precursores de carotenoides (Crozier et al., citados por Pizarro y Stange 2004, Hannoufa y Hossain 2011).

En los animales la presencia de carotenoides es por la ingesta de alimentos ya que este no puede ser sintetizado de novo. Estos son precursores de moléculas como; Provitamina A, ácido retinoico. Para obtener 1 ug de Vitamina A se requieren 6 ug de  $\beta$  carotenos Latham (2002).

Los carotenoides son de dos tipos; carotenos y xantofilas. Los carotenos incluyen a los  $\beta$  carotenos y licopenos, estos dos presentes en el tomate. Ambas son hidrocarburos con 40 átomos de carbonos cuyas estructuras consiste en ocho unidades de isoprenos unidas de tal forma que el arreglo de isoprenoides es reversible desde el centro de la molécula. Al ser isoprenoides son estructuras repetitivas, donde se produce isómeros geométricos de configuración cis y trans (Badui, 2006).

Como se observa en la figura No. 2 las diferencias entre estos dos, es que los  $\beta$  carotenos tienen en los extremos una estructura de 6 anillos y los licopenos en los extremos tiene dos doble enlace más, que los  $\beta$  carotenos. Los dobles enlaces explican los colores intensos de los carotenos, ya que estos absorben energía, lo que se ve reflejado en emisiones energéticas de determinadas longitudes de onda. El licopeno es una estructura lineal abierta y tiene mayor cantidad de dobles enlaces estos reflejan más rojos, en comparación con los  $\beta$  carotenos que son más anaranjados (Badui, 2006). La cantidad de los distintos carotenoides varía considerablemente en la madurez de los productos vegetales, ya que están condicionados por los factores ambientales y los componentes genéticos de las variedades.

Figura No. 2. Estructura química de  $\beta$  caroteno y licopeno.



Fuente: Google (s.f.)

A su vez la formación de carotenos en la fruta en maduración, está controlada por mecanismos de regulación que son distintos de aquellos en los tejidos fotosintéticos (Thelander et al., citados por Bramley, 2002).

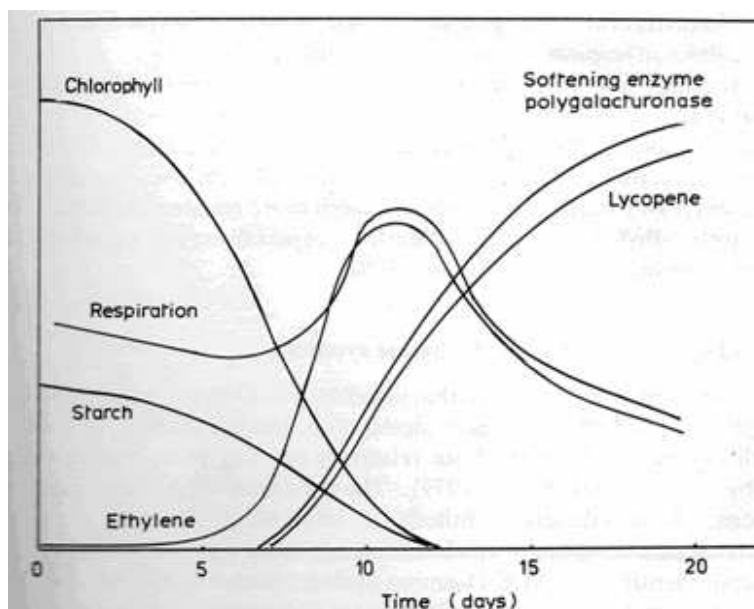
Según Cazzonelly y Pogson (2010), los carotenoides están siendo regulados por alteraciones de los genes de la transcripción durante los distintos

momentos de desarrollo de las plantas, ya sea en la maduración del fruto, la floración, situaciones de estrés, etc.

Durante la maduración del fruto se produce una degradación de la pared celular y algunos de los componentes cloroplásticos se desintegran, simultáneamente y se produce la formación de cromoplastos (Nuez, 1995).

Ocurren cambios en la composición del fruto tales como, la degradación del almidón y producción de glucosa y fructosa. También se degrada clorofila y se sintetizan pigmentos ( $\beta$  caroteno y licopeno). La actividad de la enzima poligalacturonasa aumenta, la cual produce la degradación de las paredes celulares dando como resultado un incremento en el contenido de pectinas solubles, obteniendo ablandamiento del fruto (figura No. 3). El ácido cítrico aumenta en proporción con respecto al ácido málico, así como también, aumenta el ácido glutámico (Grierson y Kader, citados por Berrueta, 2008).

Figura No. 3. Cambios en el metabolismo y composición del fruto durante la maduración.



Fuente: Atherton y Rudich, citados por Berrueta (2008).

#### 2.2.1.1. Vías metabólicas de la síntesis de carotenoides

El tomate es carotenogénico, con una síntesis masiva de carotenoides durante su maduración. La maduración del tomate está acompañada por un cambio en su perfil de carotenoides. En los cromoplastos, los carotenoides se acumulan en estructuras lipídicas, aunque también se pueden encontrar en otras, como inmersos en el espacio estromático (Camelo, citado por Artés y Artés, 2004).

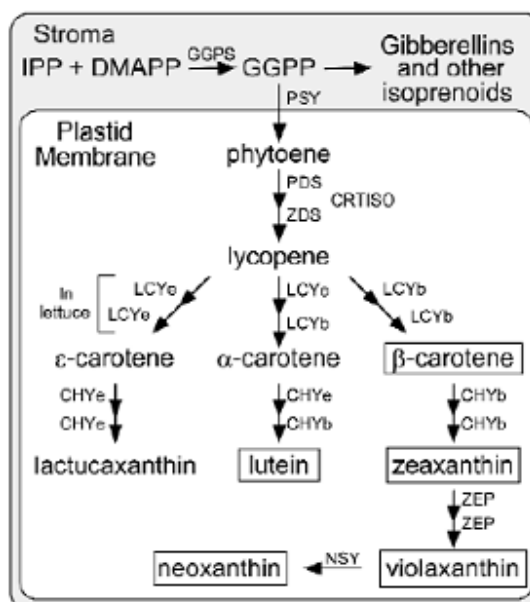
La biosíntesis de carotenoides es modulada por factores ambientales (luz, etc.), modificación de la cromatina y la regulación de la retroalimentación metabólica (Cazzonelli y Pogson, 2010 ). Estudios recientes han demostrado que constantemente están siendo sintetizados y degradados

La ruta biosintética de los carotenoides fue elucidada entre 1950 y

1960 (Cunningham, citado por Arango, 2006). Sin embargo desde entonces ha habido un aumento constante en la comprensión de la complejidad de la regulación de la vía, especialmente en los tejidos no fotosíntesis, necesitándose mucho más investigación para comprender todos los mecanismos que están interviniendo (Bramley, 2002).



Figura No. 4. Vías de biosíntesis de carotenoides.



Fuente: Cunningham (2002).

Como se observa en la figura No. 4 la enzima Geranil fitoeno sintasa (GGPS) cataliza la condensación de Isoprenil difosfato (IPP) y Dimetilalil difosfato (DMAPP) para producir geranilgeranil pirofosfato (GGPP) una molécula de 20 carbonos, derivado de 4 unidades de isoprenos (5 carbonos). Este proceso se realiza en el estroma y la molécula GGPP es la precursora de los carotenos. Desde este punto en adelante todo ocurre en la membrana plastídica (Cunningham, citado por Arango, 2006).

La biosíntesis de la molécula fitoeno es un paso limitante de la velocidad en carotenogénesis. La enzima fitoeno sintasa (PSY) es generalmente aceptado como la enzima reguladora más importante en la ruta metabólica. Los genes de esta enzima (PSY) responden a ABA, la luz alta, la sal, la sequía, la temperatura, fotoperiodo, las señales de desarrollo y post-

transcripción, regulando todo lo anterior la de retroalimentación de esta enzima (Cazzonelli y Pogson, 2010). Por lo tanto si la enzima PSY recibe otra indicación no procederá a sintetizar carotenos.

La enzima fitoenosintetasa (PSY) une dos moléculas de Geranilgeranil Pirofosfato (GGPP), formándose una molécula de fitoeno (incoloro), para dar lugar secuencialmente a: fitoflueno,  $\zeta$ -caroteno y neurosopreno.

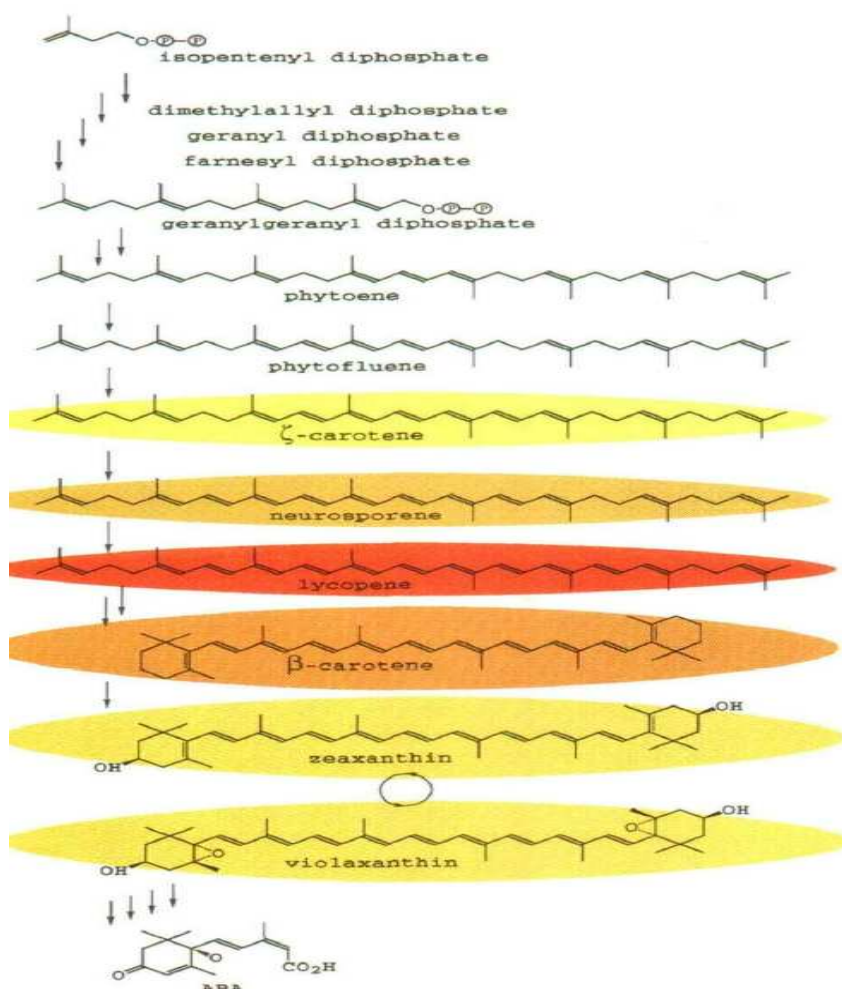
El fitoeno de 40 carbonos a continuación, se somete a cuatro reacciones secuenciales para formar licopeno (rojo). Estas enzimas son fitoeno desaturasa (PDS) que realiza la conversión de fitoeno en fitoflueno. Luego la enzima zeta-caroteno desaturasa (ZDS) que producen respectivos compuestos de poli-cis, produce la conversión de fitoflueno en  $\zeta$ -caroteno que luego se isomerizan a formas transisomerasa por zeta caroteno (ZISO) realizando la conversión a neurosopreno e isomerasa carotenoide (CrtISO) la cual realiza la conversión de todos los enlaces cis y trans a enlaces trans del licopeno (Hannoufa y Hossain, 2011). Esta regulación es epigénética (Cazzonelli y Pogson, 2010).

Por lo tanto los cambios de carotenos en el fruto durante su maduración están asociados a cambios en el color además de otros parámetros. Inicialmente se observa fitoeno (incoloro) para posteriormente dar lugar al  $\zeta$  caroteno (amarillo pálido), neurosopreno (anaranjado claro - amarillento), licopeno (rojo),  $\beta$  caroteno (anaranjado) y xantofilas y carotenoides hidroxilados (amarillos). La síntesis de pigmentos amarillentos precede a los rojizos (licopeno y  $\beta$  caroteno) pero la masiva acumulación de estos últimos enmascara a aquellos (Shewfelt et al. 1988, López Camelo et al., citados por Padrón et al. 2012).

La estructura de un carotenoide puede determinar en parte la función biológica del pigmento. Su coloración tiene relación directa con su estructura, así a la vez el número de dobles enlaces conjugados aumenta, la longitud de onda de la luz absorbida también aumenta, confiriendo al carotenoide un color más rojizo (Vila, 2010).

Como se observa en la figura No.5 la síntesis de carotenoides con los colores correspondientes, que indican la prevalencia de los mismos en la naturaleza.

Figura No. 5. Biosíntesis de carotenoides.



Fuente: Bartley y Scolnikc (1995).

Durante la maduración la concentración de carotenoides aumenta entre 10 y 14 veces, debido principalmente a la acumulación de licopeno ( Fraser et al., citados por Bramley, 2002). Además de este caroteno se encuentran otros, por ejemplo en una muestra de tomate maduro enlatado, si bien predomina el licopeno en un 9,3%, también se encontró fitoeno (1,9%), fitoflueno (0,8%), ζ - caroteno (0,2%), neurosporeno (1,1%), y β caroteno (0,2%) (Dumas et al.,

2003).

La degradación de carotenoides por escisión oxidativa enzimática produce una gran variedad de productos terpenoides conocidos colectivamente como apocarotenoides. Estos incluyen el ácido abscísico y estrigolactonas, y otros compuestos volátiles y no volátiles (Hannoufa y Hossain, 2011).

#### 2.2.1.2. Regulación de la expresión de genes carotenogénicos por la luz

Se sabe que la luz, y su intensidad, están involucradas en la regulación de la formación de carotenoides en el cloroplasto. Aunque la expresión de genes de carotenoides se produce en las plantas etioladas, su síntesis es estimulada en la transferencia a la luz (Bramley, 2002).

La regulación de los carotenoides ha sido estudiada en tejidos fotosíntesis como hojas y en no fotosíntesis como frutos, flores y raíces. En todos los casos la luz juega un rol importante en la inducción de los genes carotenogénicos (Pizarro y Stange, 2009). La luz induce a los fotoreceptores que regulan la transcripción de estos genes que sintetizan los carotenos. A pesar de esto, aun no se conocen todos los procesos descritos en él.

Los carotenoides son necesarios durante la fotosíntesis en plantas y algas, y, por lo tanto, los genes que dirigen la biosíntesis de carotenoides en estos organismos también están regulados por la luz (Von Lintig et al. 1997, Simkin et al., Woitsch y Romer, Briggs et al., citados por Pizarro y Stange 2009).

La luz actúa como un inductor de genes carotenogénicos, a través de la activación de factores de transcripción (Pizarro y Stange, 2009).

Existen estudios donde indican que altas intensidades de luz en

tomates cultivados a campo, reducen la concentración de licopeno, bloqueando la formación del mismo. El licopeno es el carotenoide más afectado por la exposición directa al sol. La luz directa daña al fruto, probablemente por un sobrecalentamiento de los tejidos irradiados. Esto se evita con importante follaje, que protege al fruto y expresa de esa forma contenidos altos de licopeno (Dumas et al., 2003).

### 2.2.1.3. Regulación de genes carotenogénicos por la temperatura

Como se aprecia en la tabla No. 3, la temperatura afecta la síntesis de carotenos.

Tabla No. 3. Efectos de la temperatura en la síntesis de carotenos.

CAROTENO	Contenido caroteno ( mg/kg base fresca)	
	20°C	30°C
Phitoeno	18,4	5,6
Phitoflueno	10,5	0,5
$\beta$ caroteno	7,5	6,6
$\zeta$ caroteno	1	0,1
$\gamma$ caroteno	0,5	0,1
Neurosopreno	0,4	0,1
Licopeno	40,5	1,1
TOTAL	78,9	14,1

Fuente: Baqar y Lee, citados por Dumas et al. (2003).

La formación de licopeno depende de la temperatura y esta ocurre en temperaturas de entre 12 y 32 °C, siendo las óptimas de 16 a 26 °C. A estas temperaturas es más rápida la síntesis de fitoeno y licopeno y se reduce la conversión de  $\beta$  caroteno (Dumas et al., 2003).

Por encima de 30-35 °C, reducen drásticamente el contenido de licopeno, pero no el de  $\beta$  caroteno. Una de las hipótesis es que las temperaturas altas disminuyen la velocidad de la síntesis de licopeno y por otro lado estimula la conversión de licopeno a  $\beta$  caroteno, por lo tanto reduce en forma importante el contenido total de licopeno (Dumas et al., 2003).

Si la temperatura de maduración es inferior a 12°C, sub óptima para la síntesis de licopeno, en los cromoplastos se acumulan  $\beta$  caroteno cuya síntesis progresa a esa temperatura dando lugar a frutos anaranjados amarillentos.

#### 2.2.1.4. Modelos matemáticos de correlación entre color y contenido de licopeno

Zapata et al. (2007a), desarrollaron un modelo matemático en donde se relaciona el índice de color  $a^*/b^*$  con un modelo lineal obteniendo la concentración del licopeno. Dicha fórmula se expresa a continuación: Licopeno (mg de licopeno/100g peso fresco) =  $1,5490 + 3,6318 (a^*/b^*)$ .

A su vez según este trabajo la concentración de licopeno se encuentra dentro del rango: 3,1 – 7,7 mg/100g de tomate fresco, quienes además señalaron que el contenido de este carotenoide en las frutas depende del área de crecimiento y del cultivar (Levy y Sharoni, citados por Zapata et al., 2007a).

Por otro lado los requerimientos de ingestas diaria varían mucho.

Según Elstein (2002), de acuerdo a investigaciones en la nutrición humana, han recomendado que las personas deben comer 10 mg de licopeno cada día. Según Cruz et al. (2013), la ingesta de licopeno es muy variada con un consumo promedio entre 5 y 7 mg/día. Estos autores (Cruz et al., 2013), aseguran que estas cifras causan controversias, debido a que los diferentes estudios presentan grandes diferencias.

### 2.2.2. Minerales traza

Se le llama así a los oligoelementos o microelementos que se encuentran en los organismos vivos en concentraciones menores a 0.001% y sus requerimientos son menores a 100mg/kg de alimentos. A pesar de que es una pequeña concentración, dichos elementos tienen una enorme importancia biológica (Benavides et al., 2010).

Estos son muy importantes apoyando el crecimiento, desarrollo y funciones óptimas del organismo. Entre los elementos trazas se encuentran el hierro (Fe), iodo (I), cobre (Cu), molibdeno (Mo), zinc (Zn), cobalto (Co), selenio (Se). La carencia de ellos en los alimentos genera malformaciones, problemas cognitivos, entre otros.

Algunos elementos minerales como cobre, zinc y selenio, constituyen un componente ambiental inductor de cambios en el crecimiento, desarrollo y calidad nutricional. Diferentes estudios indican que los elementos mencionados parecen asociarse con cambios en el estado redox celular, esto a su vez se relaciona con la habilidad de las plantas para tolerar el estrés ambiental, con la capacidad para mantener la calidad posterior a la cosecha y, lo más importante, parece relacionarse con el potencial antioxidante, característica bioquímica clave para la obtención de alimentos que promueven la salud humana



(Benavides et al., 2010), ya que los organismos humanos son incapaces de sintetizarlos, por esto deben ser incorporados por medio de la ingesta tanto de alimento de origen animal o vegetal.

En los alimentos que ingiere la humanidad, la concentración de los minerales trazas en los vegetales, dependerá del tipo de suelo en donde este se cultive, así como el esquema de fertilización propuesto ya que se encuentra en algunos fertilizantes. Para alimentos de origen animal dependerá del origen de las raciones y las pasturas.

A continuación (tabla No. 4) se exponen los requerimiento de ingesta diaria para dos de los elementos trazas, que favorecen un buen desarrollo y calidad de vida.

Tabla No. 4. Recomendación dietaría de ingesta diaria (RDA) de cobre, selenio y zinc en (mg/día).

	Cobre (mg/ día)	Selenio (mg/ día)	Zinc (mg/día)
Niños 1-3 años	0.260	0.017	2,5
Niños 4-8 años	0.340	0.023	4,0
Mujeres $\geq$ 19 años	0.700	0.045	9,4
Hombre $\geq$ 19 años	0.700	0.045	6,8

Fuente: Food and Nutrition Board. Institute of Medicine (2002).

#### 2.2.2.1. Cobre

La absorción del cobre se da principalmente en el intestino delgado, con un porcentaje de absorción que varía de forma amplia (12 a 70%). No se

sabe bien porque se da esta amplia proporción, pero si sabe que altas dosis de zinc deterioran la absorción de cobre a tal punto de que causan una deficiencia grave, probablemente porque tengan receptores intestinales en común (Wardlaw et al., 2007). Luego de ser absorbido pasa rápidamente al hígado y riñón, siendo estos los principales lugares de almacenamiento. El exceso de cobre se excreta por la bilis.

El transporte del cobre está muy controlado, pasando del hígado a otros tejidos por la proteína ceruloplasmina, que también tiene función de enzimática, encontrando está, receptores específicos en donde libera el cobre.

Una de las funciones del cobre es que este actúa en la enzima ceruloplasmina, transportando hierro del hígado a diversos sitios funcionales, incluyendo donde se inserta el hierro a la hemoglobina. Esta enzima también tiene funciones antioxidantes inhibiendo la formación de radicales libres. El cobre también forma partes de varias enzimas entre ellas la oxidasa C del citocromo, que cataliza el último paso de la cadena de transporte de electrones (entrando oxígeno, saliendo agua). También influye a enzima que forma el tejido conjuntivo (oxidasa de lisilo), enlazando filamentos dentro de dos proteínas estructurales (elastina y colágeno) y que dan tensión a estos tejidos, como vasos sanguíneos, pulmones, piel, y la porción de proteínica del hueso . Por otro lado también es importante en las funciones inmunitarias del cuerpo (Wardlaw et al., 2007).

Fuentes importantes de aporte de cobre son el hígado, marisco, nueces, semillas, productos de soja, aguacates y chocolate oscuro. También las legumbres, los productos de granos enteros y el agua potable. Las carnes no son buenas fuente de aporte de cobre (Wardlaw et al., 2007).

Según Wardlaw et al. (2007) los síntomas más notables de deficiencia de cobre son anemia y cuenta baja de un tipo de glóbulos blancos. A su vez la toxicidad no es muy común ya que el cuerpo humano regula el depósito de cobre a través de su excreción por la bilis.

#### 2.2.2.2. Zinc

Según Wardlaw et al. (2007), la deficiencia de zinc causa retraso en el crecimiento y un inadecuado desarrollo sexual en humanos. Cerca de 200 enzimas o más necesitan zinc para funcionar. Estas funciones contribuyen a la síntesis de ADN y ARN, el metabolismo del alcohol, el metabolismo de proteínas y el crecimiento y desarrollo relacionado al cuerpo, defensas antioxidante, la funciones inmunitarias y el equilibrio ácidos y bases del cuerpo.

Además de las funciones relacionadas con enzimas, el zinc también estabiliza las estructuras de proteínas de membranas celulares, ciertas hormonas y factores génicos de transcripción (llamados dedos de zinc). La función de la membrana celular tiene efectos muy amplios porque la estabilidad de las mismas influye en los receptores, que indican todos los tipos de acciones en las células, por consiguientes estos efectos se pueden ver en las respuestas inmunitarias ya que este no responde frente a una infección bacteriana. A su vez sin razón alguna el deterioro de las funciones del zinc hace que se activen ciertas células inmunitarias y con ello se generen radicales libres perjudiciales, provocando estrés oxidativo (Wardlaw et al., 2007).

Altas concentraciones de calcio y fibras disminuyen la biodisponibilidad o absorción del zinc en dietas humanas (Rosado, citado por Benavides et al., 2010).

Las dietas ricas en proteínas contienen abundante zinc. Carnes magras tales como carnes rojas y mariscos y también derivados de granos proporcionan cantidades sustanciales de zinc.

#### 2.2.2.3. Selenio

Las funciones del selenio tienen fuerte incidencia antioxidantes ya que este se une a la enzima llamada peroxidasa de glutatión la cual es parte de la red de defensas antioxidantes del cuerpo. También es importante componente en la elaboración de la hormona tiroidea (Wardlaw et al., 2007). El selenio se considera un importante aporte nutricional en humanos para disminuir el riesgo de enfermedades degenerativas así como para la conservación del adecuado funcionamiento del organismo, tales como la reproducción de los animales y la motilidad de los espermatozoides humanos. También está asociado con estados de ánimos negativos (Benavides et al., 2010). El selenio reduce la toxicidad del mercurio, del cadmio y de otros metales tóxicos (Werner, 1992). Todos los alimentos ricos en proteínas son fuente importante de selenio, tanto carnes como nueces o granos.

### 2.3. HIPÓTESIS

Nos planteamos como hipótesis que las tres variedades de tomate industria son diferentes en cuanto al contenido mineral y de licopeno, y por tanto en su aporte a los requerimientos de los nutrientes, así como en cuanto al color, lo cual permitirá al consumidor valorizar cada variedad en función de uno y otro atributo. la composición de algunos compuestos de interés nutricional

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

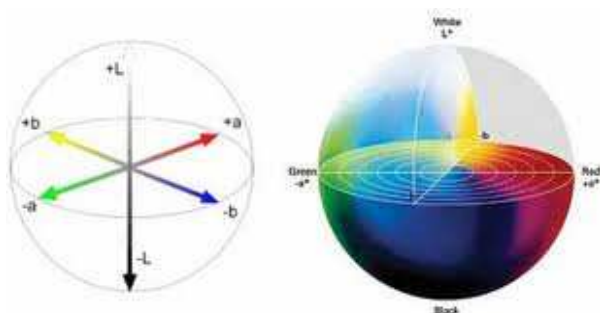
#### 3.1. MUESTRAS DE TOMATE

Las muestras fueron tomadas del predio del Sr. Osvaldo Rambalducci ubicado en la Ruta 1 Km. 44, localidad de Libertad, San José. De cada variedad (Heinz 9997 (F1), Milongón y Repique) se tomaron diez muestras al azar el día 25 de marzo del 2013. Los tomates fueron cosechados en similar estado de madurez (rojo pintón) de frutos, de un cultivo comparativo de variedades desarrollado bajo invernadero, transplantados el 5 de diciembre de 2012.

#### 3.2. DETERMINACIÓN DEL COLOR EXTERNO

Se utilizó un Colorímetro Minolta (CR-10) para medir las variables de color por el sistema CIELab. Este instrumento determina las variables: Luminosidad (L), valor a y valor b. La letra L va de 0 a 100; la letra a va de + 60 = rojo y -60 = verde; la letra b va de +60=amarillo y -60=azul. El sistema CIELab es una esfera de color donde se calcula matemáticamente combinando colores los índices del mismo. Todos los colores imaginables pueden ser situados dentro de la esfera de color. Esta, está definida por la combinación de tres ejes perpendiculares  $a^*$  (verde - rojo),  $b^*$  (azul – amarillo) y el  $L^*$  (negro - blanco) como se observa en la figura No. 6.

Figura No. 6. Sistema CIELab



Fuente: Google (s.f.)

Los valores L,  $a^*$  y  $b^*$  para las variedades e híbridos, se obtuvieron de dos lecturas realizadas en cada repetición en la zona ecuatorial.

### 3.3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE LICOPENO

La concentración de licopeno en las muestras se calculó a partir del modelo matemático Zapata et al. (2007), donde se relaciona el índice de color  $a^*/b^*$  con un modelo lineal obteniendo la concentración del licopeno (mg de licopeno/100 g peso fresco) =  $1,5490 + 3,6318 (a^*/b^*)$ .

### 3.4. CUANTIFICACIÓN DE MINERALES

De cada muestra se tomó 15g en base fresca, y se las agrupo de a dos. Debido a esto, cada crisol contenía 30g lo que corresponde a la suma de dos muestras. Por cada variedad se trabajó con 5 crisoles. La muestra se secó en una estufa con ventilación cenital a 105 °C durante dos días. Luego las muestras se incineraron dentro de un crisol cubierto en 550 °C en un horno durante 16 h para obtener una ceniza residual blanco. Las muestras secas fueron procesadas para la determinación de minerales en el laboratorio de Fisiología y Nutrición de la Facultad de Ciencias de la Universidad de la República, de acuerdo a Cabrera et al. (2010). La determinación de Cu y Zn fue realizados por espectrofotometría de absorción atómica de llama (Analyst 300, Perkin Elmer) de acuerdo a Cabrera et al. (2010). El selenio es analizado por absorción atómica con horno de grafito (Bohrer et al. 2006, Chen y Marshall, citados por Cabrera et al. 2010).

### 3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El diseño experimental consistió en parcelas al azar con 10 repeticiones por tratamiento (variedad). Los datos obtenidos en las variables evaluadas fueron analizados con una análisis de varianzas ( $p \geq 0,05\%$ ) y cuando correspondió se realizó la comparación de medias por el test de Tuckey ( $p \geq 0,05\%$ ).

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 4.1. COLOR

Los valores de la tabla No. 5 representa las medias del total de los valores con sus respectivos desvíos estándar (D.E.).

Tabla No. 5. Valores de L\*, a\*, b\* y a\*/b\* de frutos tomate industria (H.9997, Milongón y Repique) y sus respectivos desvíos estándar.

	H.9997		Milongón		Repique	
	Valores	D.E.	Valores	D.E.	Valores	D.E.
L*	32,6 A	1,34	32,24 A	1,99	32,26 A	2,04
a*	32,14 B	3,26	26,24 A	2,78	32,35 B	1,91
b*	26,02 B	2,51	23,36 A	2,82	24,60AB	3,30
a*/b*	1,24 AB	0,16	1,14 A	0,18	1,33 B	0,17

Letras iguales dentro de la misma fila indican que no hay diferencias estadísticas (Tukey  $\geq 0,05\%$ ).

La luminosidad de los frutos de tomates es similar en las tres variedades. En este caso H.9997 el cual es un híbrido con menor desvío con respecto al valor medio, comparados a Milongón y Repique.

Para el parámetro a\*, este toma valores positivos dentro del rango de



color rojo. Existe diferencias significativa entre las variedades siendo el híbrido H.9997 y Repique las variedades más rojas que Milongón. A su vez el que presenta menor desvío en estos datos es Repique.

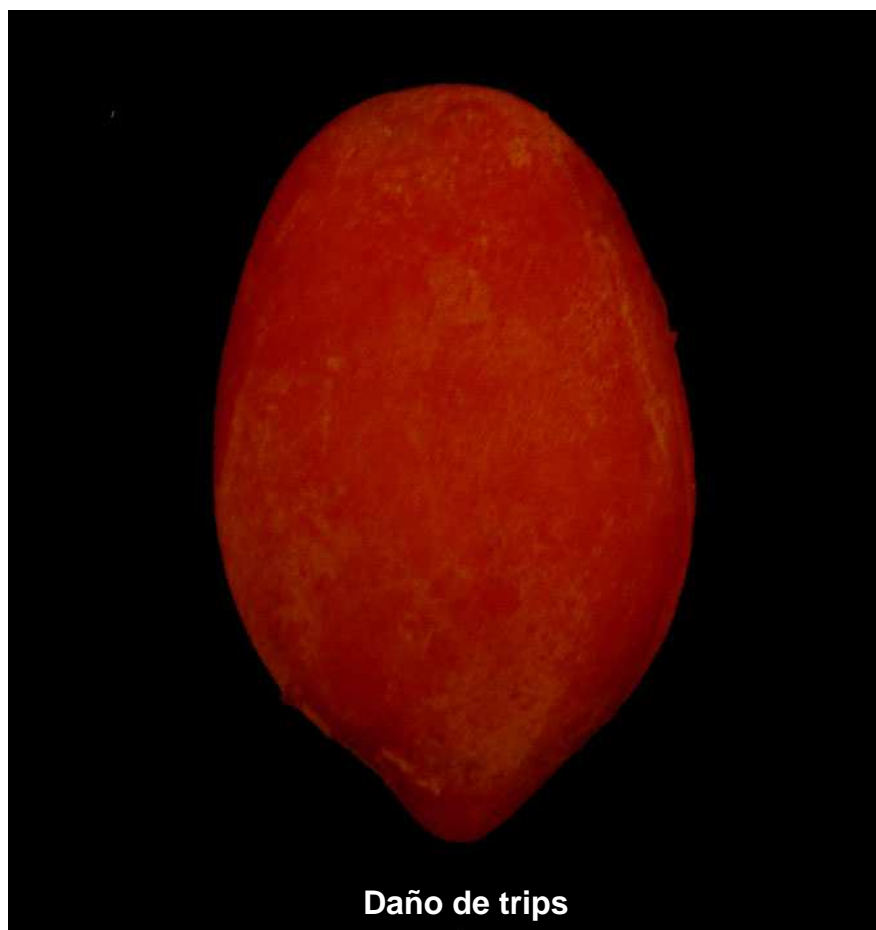
El indicador  $b^*$  el que tiene mayor contenido de amarillo es el híbrido Heinz (H.9997), diferenciándose solo Milongón. De estos Heinz es el que tiene menor desvío.

A partir de la relación  $a^*/b^*$ , rojo sobre amarillo, el que presenta mayores valor es la variedad Repique, con diferencia significativa para el cultivar Milongón.

Por lo tanto podemos decir a partir de los datos obtenidos para color que la variedad Repique tiene frutos de color más rojo que Milongón no diferenciándose del híbrido H.9997.

Las condiciones ambientales y del manejo de las variedades puede modificar los resultados obtenidos en color. A modo de ejemplo el ataque de trips en un cultivo de tomate puede llegar a observarse en frutos alteraciones del color que determinan alteraciones en las mediciones del color. El aparato bucal de los trips es raspador succionador, provocando daños superficiales en la cutícula del tomate, alterando los datos obtenidos ya que deja la cutícula más amarilla, como se observa en la figura No. 7.

Figura No. 7. Fruto de tomate con daño de trips.



Se encontraron datos nacionales publicados en González et al. (2011), proporcionados por LATU de la relación  $a^*/b^*$  para las mismas variedades evaluados (tabla No.6).

Tabla No. 6. Relación  $a^*/b^*$  para las variedades Milongón, Repique y el híbrido Heinz (H.9997) evaluados por LATU.

	H.9997	Milongón	Repique
$a^*/b^*$	1,99	1,76	1,82

Fuente: González et al. (2011).

Los valores absolutos aquí encontrados son superiores a los que se obtuvimos en esta tesis, siendo el valor de  $a^*/b^*$  más alto en el híbrido H.9997 (González et al., 2011).

A partir de lo presentados en la revisión bibliográfica el color rojo se encuentra asociado al contenido de licopeno, por el cual a continuación se habla de licopeno en vez de color rojo.

Entre los trabajos de González et al. (2011) y los evaluados aquí, no existe diferencias ya que son trabajo evaluados en distintos años, así como en el manejo en general (fecha de siembra, fertilización, riego, etc.).

En el trabajo de González et al. (2011), se transplanto el 23 de noviembre del 2011 en INIA Las Brujas<sup>1</sup>, mientras que los tomates aquí evaluados se transplantaron el 5 de diciembre del 2012.

El contenido en licopeno en el tomate depende de la variedad y del estado de madurez del fruto, y es afectado por factores agroambientales, (Dumas et al., citados por Gutiérrez et al., 2007). El rango de temperaturas en el que tiene lugar la acumulación de licopeno se sitúa entre 12 y 32°C con valores

---

<sup>1</sup> Lenzi, A. 2013. Com. personal.

óptimos entre 16 y 26°C (Robertson et al., citados por Gutiérrez et al., 2007). Por lo tanto al ser más tardía en este trabajo la fecha de siembra para el año 2012, puede haber afectado los contenidos de licopeno, presentando menores cantidades del mismo.

#### 4.2. LICOPENO

Los datos aquí obtenidos son partir de la relación  $a^*/b^*$  medidos para color, utilizando la ecuación matemática propuesta por Zapata et al. (2007a).

Licopeno (mg/ 100 g peso fresco) =  $1,5490 + 3,6318 (a^*/b^*)$ .

Tabla No. 7. Licopeno (mg/ 100 g de tomate fresco) de H.9997, Milongón y Repique.

	H.9997		Milongón		Repique	
	Valores	D.E.	Valores	D.E.	Valores	D.E.
Licopeno(mg/100 g)	6,05 AB	0,46	5,71 A	0,67	6,40 B	0,65

Letras iguales dentro de la fila indican que no hay diferencias estadísticas (Tukey  $\geq 0,05\%$ ).

El que tiene mayor concentración de licopeno es la variedad Repique solo diferenciándose la variedad Milongón.

Según Levy y Sharoni, citados por Zapata et al. (2007a) la concentración de licopeno puede variar entre 3,1 – 7,7 mg/100g de tomate fresco, por lo tanto cualquiera de las tres variedades están dentro del rango establecido.

Con respecto a los requerimientos nutricionales de los seres humanos, que según Cruz et al. (2013), varía entre 5 y 7 mg /día, exponen que no está claro la cantidad de licopeno que se debe consumir por día en una dieta saludable. Dentro de los rango encontrados podemos decir que estas tres variedades aportarían un 100% cada 100g de tomate fresco (Cruz et al., 2013) y según las recomendaciones dadas por Elstein (2002) que sería de 10 mg /día, estos aportan un 50% de los requerimientos de ingesta diaria cada 100g de tomate fresco.

#### 4.3 MINERALES

A continuación se muestran los datos obtenidos de cada mineral por separado y el análisis de los resultados (anexo No. 3).

##### 4.3.1. Cobre

De acuerdo a lo analizado, como se muestra en la tabla No. 8, el contenido de cobre fue similar para las variedades Milongón y H.9997, diferenciándose ambas de Repique. La variedad Repique es el que presentó mayor contenido de cobre.

Tabla No. 8. Media de Cobre de H.9997, Milongón y Repique y sus diferencias entre las variedades ( $\alpha=0.05$ ), medido en mg/100g de tomate fresco.

	Medias (mg/100g)	Diferencias entre variedades
Milongón	0.03756 B	Repique
H.9997	0.04277 B	Repique
Repique	0.0594 A	Milongón, H.9997

Letras iguales dentro de la columna indican que no hay diferencias estadísticas (Tukey  $\geq 0,05\%$ )

En cuanto a la ingesta diaria se recomienda para mujer /hombre, mayor a 19 años, de 0.7 mg por día de cobre (FBN. IOM. 2002). El consumo de 100 g de tomate del cultivar Repique cubriría el 14% de los requerimientos diarios de cobre de un adulto.

#### 4.3.2. Zinc

De acuerdo a lo analizado, como se muestra en la tabla No. 9, existen diferencias entre las variedades Repique y Milongón, no habiendo diferencias entre Heinz con los demás variedades. La variedad Repique es quien aporta mayor cantidad de Zinc.

Tabla No. 9. Media de Zinc de H.9997, Milongón y Repique y sus diferencias entre las variedades ( $\alpha=0.05$ ), medido en mg/100g de tomate fresco.

	Medias (mg/100g)	Diferencias entre variedades
Milongón	0.10005 B	Repique
H.9997	0.11678 AB	No hay
Repique	0.12226 A	Milongón

Letras iguales dentro de la columna indican que no hay diferencias estadísticas (Tukey  $\geq 0,05\%$ ).

En cuanto a la ingesta diaria se recomienda para un hombre, mayor a 19 años, de 9,4 mg por día de zinc (FBN. IOM, 2002). Por lo tanto se cubriría el 2,5% aproximadamente de los requerimientos del consumo diario de zinc de un adulto con la ingesta de 100 g de tomate del cultivar Repique.

#### 4.3.3. Selenio

De acuerdo a lo analizado, como se muestra en la tabla No. 10, no existen diferencias entre las variedades Repique, Milongón y Heinz en el contenido de Selenio.

Tabla No. 10. Media de Selenio de H.9997, Milongón y Repique y sus diferencias entre las variedades ( $\alpha=0.05$ ), medido en mg/100g de tomate fresco.

	Medias (mg/100g)	Diferencias entre variedades
Milongón	0.0675 A	No hay
H.9997	0.10061 A	No hay
Repique	0.10214 A	No hay

Letras iguales dentro de la columna indican que no hay diferencias estadísticas (Tukey  $\geq 0,05\%$ ).

En cuanto a la ingesta diaria se recomienda para una persona hombre, mayor a 19 años, de 0.045 mg por día de selenio (FBN. IOM, 2002). Por lo tanto se cubriría con el consumo de 100 g de tomate de estas tres variedades el requerimiento diario de selenio para un adulto.

Según Wardlaw et al. (2007), 0.4 mg de selenio sería el límite máximo de consumo, ya que valores superiores provocarían trastornos metabólicos.



## 5. CONCLUSIONES

En la determinación del color para los tres cultivares evaluados, no se observaron diferencias significativas en lo que respecta a luminosidad, teniendo los frutos de la variedad Repique más color rojo que Milongón.

Al mismo tiempo los frutos de la variedad Repique fueron, de acuerdo a la fórmula propuesta por Zapata et al. (2007a), los de mayores contenidos de licopeno diferenciándose solo de Milongón.

.Con respecto a los minerales traza, existieron diferencias entre las variedades para el contenido en cobre y zinc.

En este trabajo, la variedad Repique es la que presentó mayor color rojo, contenido de licopeno, de cobre y zinc, siendo similar a los otros cultivares en el contenido de selenio.

## 6. RESUMEN

A partir del año 2005, el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), resuelve producir semilla nacional de tomate industria, atendiendo la demandad nacional, buscando estabilidad de oferta de este insumo y seguridad en los rendimiento para el sector hortícola. A partir de esto es que desarrolla el cultivar Repique y Milongón. Es por esto que en este trabajo se caracterizó estas dos variedades de tomate utilizados para la industrialización y un híbrido Heinz (H.9997) como forma comparativa. Para esto se comparó estas tres variedades en cuanto a color, como una propiedad central de elección del consumidor o del índice de cosecha del fruto. Relacionando los colores rojos con amarillo Repique es quien presenta el valor de relación rojo/amarillo más alto. También se describe el contenido y formación de licopeno, teniendo en cuenta que el contenido de este carotenoide en el alimento, no solo es quien le da el color rojo al fruto de tomate, sino que le confiere la capacidad anticancerígena y antioxidante. Se utiliza los datos obtenidos a partir de una ecuación que relaciona color con licopeno ( $\text{Licopeno (mg/g)} = 1,5490 + 3,6318 (a^*/b^*)$  cada 100g de tomate fresco). La variedad Repique es quien tiene mayores aportes de licopeno, seguido de Heinz y por ultimo Milongón. Se estima que en el rango propuesto, todos las variedades consumiendo 100 g de tomate fresco, cubrirían las necesidades diarias de licopeno. A su vez se caracterizó y comparó contenidos de cobre, zinc y selenio. En este caso también la variedad Repique es quien aporta la mayor concentración de estos oligoelementos.

Palabras clave: Tomate industria; Color; Licopeno; Minerales trazas.

## 7. SUMMARY

Since 2005, the National Institute for Agricultural Research (INIA), decided to produce national tomato seed industry, to meet national demand and to assure tomato supplying and the security for the horticultural sector. They developed the cultivars Repique and Milongón. In this work, both two tomato varieties used for industrialization and Heinz (H.9997), an hybrid were characterized for the nutritional content and for color. Relating red color with yellow Repique is who has the higher values. The content and formation of lycopene is also described taking into account that this carotenoid content in food, is not only who gives the red color to tomato fruit, but gives the anticancer and antioxidant capacity. Data were obtained from an equation that relates color with lycopene (lycopene (mg / g) =  $1.5490 + 3,6318 (a * / b *)$  100g fresh tomato). The variety Repique have the major content of lycopene, followed by Heinz and finally Milongón. For all varieties, consuming 100 grams of fresh tomatoes, cover the daily needs of lycopene. Also it was characterized and compared contents of copper, zinc and selenium. In this case also the variety Repique has the highest concentration of these trace elements.

Keywords: Tomato industry; Colour; Lycopene; Mineral traces.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. AGROS S.A de C.V. 2011. Valor nutricional del tomate. (en línea). Ciudad de México, México. s.p. Consultado 6 ago. 2013. Disponible en [http://www.agros.com.mx/tomato\\_nutritional\\_value.aspx](http://www.agros.com.mx/tomato_nutritional_value.aspx)
2. \_ARANGO, J. 2006. Análisis de expresión de los genes de la ruta biosintética del caroteno y cuantificación de carotenos en hojas y raíces de plantas de yuca de diferentes edades. Tesis para título de Biólogo. Bogotá, Colombia. Pontificia Universidad de Javerana. Facultad de Ciencias. 96 p.
3. ARTES CALERO, F.; ARTES HERNANDEZ, F. 2004. Tratamiento y posrecolección del tomate fresco. Tendencias e innovaciones. In: Namesny, A. coord. Tomates; producción y comercio. Cartagena, España, Ediciones de Horticultura. cap. 10, pp. 109-120.
4. BADUI DERGAL, S. 2006. Química de los alimentos. 4<sup>a</sup>. ed. México, Pearson Educación. pp. 363-439.
5. BARTLEY, G.; SCOLNIC, P. 1995. Plant carotenoid; pigment for photoprotections, visual attractions, and human health. *Plant Cell*. 7: 1027- 1038.
6. BENAVIDES MENDOZA, A.; RAMIREZ, H.; ROBLEDO, V.; FUENTES LARA, L. O.; SANDOVAL, A. 2010. Elementos traza y calidad nutricional, casos del iodo, zinc y selenio. México, Universidad

Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Nutrición Animal. 17 p.

7. BERRUETA, M. C. 2008. Análisis de los principales factores que afectaron el rendimiento en tomate para industria en la zafra 2007-2008. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 82 p.
8. BRAMLEY, P. 2002. Regulation of carotenoid formation during tomato fruit ripening and development. *Journal of Experimental Botany*. 53. 2107-2113.
9. CABRERA, M.C.; RAMOS, A. ;SAADOUN A.; BRITOS, G. 2010. Selenium, copper, zinc, iron and manganese content of seven meat cuts from Hereford and Braford steers fed pasture in Uruguay. *Meat Science*. 84: 518-528.
10. CAZZONELLI, C.; POGSON, B. 2010. Source to sink; regulation of carotenoid biosynthesis in plants. *In: Plant Science Conference (2010, Pacific Grove, USA). Reviews. Trends in Plant Science*. 15(5): 266- 274.
11. CRUZ BOJÓRQUEZ, R. M.; GONZÁLEZ GALLEGU, J.; SÁNCHEZ COLLADO, P. 2013. Functional properties and health benefits of lycopene. (en línea). *AULA MEDICA Nutrición Hospitalaria*. 28(1):6-15. Consultado 6 ago. 2013. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/m/pubmed/23808425/?i=3&from=/9072292/related>

12. CUNNINGHAM, J. R. 2002. Regulation of carotenoid synthesis and accumulation in plants. *Pure and Applied Chemistry*. 74 (8): 1409–1417.
13. CURTIS, H.; BARNES, S.; SCHNECK, A.; MASSARINI, A. 2008. *Biología; fotosíntesis, luz y vida*. 7ª ed. Buenos Aires, Editorial Médica Panamericana. 1160 p.
14. DUMAS, Y. ; DADOMO, M.; DI LUCA, G.; GROLIER, P. 2003. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agricultural*. 83: 369-382.
15. ELSTEIN, D. 2002. Producir un tomate más nutritivo. (en línea). Maryland, United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service. s.p. Consultado 31 jul. 2013. Disponible en <http://www.ars.usda.gov/is/espanol/pr/2002/020624.es.htm>
16. FOOD AND NUTRITIONAL BOARD (FBN). INSTITUTE OF MEDICINE (IOM). 2002. Dietary Reference Intakes (DRIs); estimated average requirements. (en línea). Washington, D.C. p. 8 Consultado ago. 2013. Disponible en [http://iom.edu/Activities/Nutrition/SummaryDRIs/~/\\_media/Files/Activity%20Files/Nutrition/DRIs/New%20Material/5DRI%20Values%20SummaryTables%2014.pdf](http://iom.edu/Activities/Nutrition/SummaryDRIs/~/_media/Files/Activity%20Files/Nutrition/DRIs/New%20Material/5DRI%20Values%20SummaryTables%2014.pdf)
17. GONZÁLEZ ARCOS, M. 2006. Cultivar loica; una alternativa en el cultivo de tomate para industria. INIA. Hoja de divulgación no. 95.4 p.

18. GONZALEZ, M.; BERRUETA, C.; CARBALLO, S. 2007. Evaluación de cultivares de tomate para la industria (Zafra 2006/2007). Montevideo, INIA. 15 p. (Actividades de Difusión no. 494).
19. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2008. Evaluación de cultivares de tomate para la industria (Zafra 2007/2008). In: Jornada Técnica de Divulgación en el Cultivo de Tomate (2008, Las Brujas). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 4-14 (Actividades de Difusión no. 537).
20. \_\_\_\_\_.; GIMÉNEZ, G.; BERRUETA, C.; LENZI, A. 2011a. Hortifruticultura. Libero al mercado dos nuevos cultivares de tomate para industria; REPIQUE y MILONGÓN. Revista INIA. no. 26: 56-58.
21. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; VILARÓ, F.; VICENTE, E.; MANZZIONI, A. 2011b. Primeros cultivares nacionales de tomate para industria; "Repique y Milongón". INIA. Hoja de divulgación no. 105. 4 p.
22. GOOGLE IMAGEN. s.f. Estructura de  $\beta$  carotene y licopeno. (en línea). s.l. s.p. Consultado 20 abr. 2013. Disponible en <http://www.scielo.org.ve/img/fbpe/Alan/v54n2/Art11fig%201.jpg>
23. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. s.f. Estructura del sistema CIELab. (en línea). s.l. s.p. Consultado 20 abr. 2013. Disponible en <http://www.memoriagrafica.com/uploads/5/7/6/0/576038/6179934.jpg?435>
24. GUTIÉRREZ, J. M.; DAZA, C.; ESTEBAN, A.; GRAGERA, J. 2007. La

fecha de trasplante como factor determinante del contenido en licopeno y otros parámetros de calidad y producción en tomate de industria. Badajoz, Centro de Investigación Agraria Finca La Orden-Valdesequera. Consejería de Economía, Comercio e Innovación. Junta de Extremadura. s.p.

25. HANNOUFA, A.; HOSSAIN, Z. 2011. Carotenoid biosynthesis and regulation in plants. The AOCS lipids library. Boulder, Urbana, ILL., Plant Lipid Biochemistry. s.p.
26. LATHAM, M. 2002. Nutrición humana en el mundo en desarrollo. (en línea). Roma, FAO. 531 p. (Colección FAO no. 29). Consultado 30 jul. 2013. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s0f.htm>
27. LÓPEZ CAMELO, A.; GÓMEZ, P. 2004. Comparison of color index for tomato ripening. Horticultura Brasileira. 22 (3): 534-537.
28. LOZANO, M.; MONTERO de ESPINOSA, V.; HERNÁNDEZ, E.; SABIO, F.J. CASTRO, M.J.; BERNALTE, M. J. 2002. Color del concentrado de tomate (en línea). Extremadura, España, e Magazine Horticultura. s.p. Consultado 20 abr. 2013. Disponible en <http://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/67818>
29. NUEZ, F. 1995. El cultivo del tomate. Madrid, Mundi-Prensa. 793 p.
30. PADRÓN, C.; PADRÓN, G.; MONTES, A.; OROPEZA, R. 2012. San Pedro de Monte de Oca. Costa Rica. Determinación del color en el epicarpio del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con sistema de



visión computarizada durante la maduración. *Agronomía Costarricense*. 36 (1): 97-111.

31. PIZARRO, L.; STANGE, C. 2009. Light depending regulation of carotenoid biosynthesis in plants. *Ciencia de Investigación Agraria*. 36(2):143-162.
32. RADZEVICIUS, A.; KARKELIENE, R.; VISKELIS, P.; BOBINS, C. 2009. Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) fruit quality and physiological parameters at different ripening stages of Lithuanian cultivars. *Agronomy Research*. no. 7: 712-718.
33. RODRÍGUEZ, V.; MAGRO, S. 2008. Bases de la alimentación humana. La Coruña, España, NEIBIBLO. 592 p.
34. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES ESTADÍSTICAS AGROPECUARIAS; URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN GENERAL DE LA GRANJA. 2011. Encuesta agroindustrial hortifrutícola 2010. Montevideo. 15 p. (Serie Encuestas no. 300).
35. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. DIRECCION GENERAL DE LA GRANJA; CÁMARA ADMINISTRADORA DEL MERCADO MODELO. 2012. Situación actual de precios e ingresos al Mercado Modelo. Montevideo. 9 p. (Observatorio granjero)
36. \_\_\_\_\_. MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL. INSTITUTO NACIONAL DE ALIMENTACIÓN. 2002. Tabla de

composición de alimentos de Uruguay. (en línea). Montevideo. 40 p. Consultado 23 jul. 2013. Disponible en <http://www4.mercadomodelo.net/documentos/tabla.pdf>

37. VILA, M. 2010. Inhibición de la enzima fitoeno desaturasa y acumulación de fitoeno en microalgas; el iRNA como mecanismo de silenciamiento génico. Andalucía, España, Universidad de Huelva. Facultad de Química. 216 p.
38. WARDLAW, G.; HAMPL, J.; DISILVESTRO, R. 2007. Perspectivas en nutrición. 6ª. ed. México, McGraw-Hill Interamericana. pp. 518-530.
39. WERNER, J. 1992. Selenio, un elemento esencial y tóxico; datos de Latinoamérica. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 42 (2): 90-93.
40. ZAPATA, L.; GEREARD, L.; DAVIES, C.; OLIVERA, L.; SCAVA, B. 2007a. Correlación matemática de índices de color del tomate con parámetros texturales y concentración de carotenoides. Ciencias Exactas y Naturales- Ingenierías y Tecnologías. no. 34: 207-226.
41. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2007b. Estudio de los componentes antioxidantes y actividad antioxidante en tomate. Ciencias Exactas y Naturales- Ingenierías y Tecnologías. no. 35: 173-193.



Repique	L	20	32,26	2,04	4,15	0,46	6,32	27,80	36,60
Repique	a	20	32,35	1,91	3,66	0,43	5,92	27,30	35,40
Repique	b	20	24,60	3,30	10,88	0,74	13,41	16,30	30,30
Repique	Hue	20	37,12	3,33	11,07	0,74	8,96	27,50	
			42,60						
Repique	Croma	20	40,70	3,03	9,18	0,68	7,44	34,30	
			<u>45,80</u>						

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup>Aj</u>	<u>CV</u>
L	60	0,05	0,02	5,55

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>Valor p</u>
Modelo	10,01	2	5,01	1,52	0,2275
Cultivar	10,01	2	5,01	1,52	0,2275
Error	187,75	57	3,29		
Total	197,76	59			

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 1,38182

Error: 3,2938 gl: 57

<u>Cultivar</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>
Repique	32,26	20
Heinz	32,60	20
Milongon	33,24	20

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup>Aj</u>	<u>CV</u>
a	60	0,52	0,50	8,95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>Valor p</u>
Modelo	453,22	2	226,61	30,83	<0,0001
Cultivar	453,22	2	226,61	30,83	<0,0001
Error	419,00	57	7,35		
Total	872,22	59			

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 2,06430

Error: 7,3509 gl: 57

<u>Cultivar</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>
Milongon	26,42 20	A
Heinz	32,14 20	B
Repique	32,35 20	B

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup>Aj</u>	<u>CV</u>
b	60	0,13	0,10	11,73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>Valor p</u>
Modelo	70,86	2	35,43	4,23	0,0193
Cultivar	70,86	2	35,43	4,23	0,0193
Error	476,90	57	8,37		
Total	547,76	59			

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 2,20231

Error: 8,3667 gl: 57

<u>Cultivar</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>
Milongon	23,36 20	A
Repique	24,60 20	A B
Heinz	26,02 20	B

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup>Aj</u>	<u>CV</u>
Hue	60	0,21	0,18	9,13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>Valor p</u>
Modelo	190,58			2	95,29 7,44 0,0013
Cultivar	190,58			2	95,29 7,44 0,0013
Error	730,33			57	12,81
Total	920,91			59	

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 2,72536

Error: 12,8128 gl: 57

<u>Cultivar</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>
Repique	37,12 20	A
Heinz	39,03 20	A B
Milongon	41,47 20	B

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup>Aj</u>	<u>CV</u>
Croma	60	0,43	0,41	8,16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>Valor p</u>
Modelo	438,55			2	219,28 21,51 <0,0001
Cultivar	438,55			2	219,28 21,51 <0,0001
Error	581,18			57	10,20
Total	1019,73			59	

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 2,43120

Error: 10,1961 gl: 57

<u>Cultivar</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>
Milongon	35,35 20	A
Repique	40,70 20	B
Heinz	41,41 20	B

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )



ANEXO No. 2. ANOVA de Color (a\*/b\*) y contenido de licopeno (mg/100 g)  
 TESIS TOMATE 2013

Licopeno calculado con la siguiente fórmula:  $\text{Licopeno (mg/100 g)} = 1,5490 + 3,6318 (a^*/b^*)$   
 (Zapata et al., 2007a)

Estadística descriptiva

Cultivar	Variable	n	Media	D.E.	Var(n-1)	E.E.
Heinz	a/b	20	1,24	0,13	0,02	0,03
	Mín		1,00			
	Máx		1,50			
Heinz	mg L/100g	20	6,05	0,46	0,21	0,10
	Mín		5,07			
	Máx		6,92			
Milongon	a/b	20	1,14	0,18	0,03	0,04
	Mín		1,60			
Milongon	mg L/100g	20	5,71	0,67	0,45	0,15
	Mín		7,47			
Repique	a/b	20	1,33	0,17	0,03	0,04
	Mín		1,90			
Repique	mg L/100g	20	6,40	0,65	0,42	0,14
	Mín		8,52			

mg L / 100 g = mg de licopeno / 100 g

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
a/b	60	0,18	0,15	13,37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,34	2	0,17	6,29	0,0034
Cultivar	0,34	2	0,17	6,29	0,0034
Error	1,55	57	0,03		
Total	1,90	59			

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,12570

Error: 0,0273 gl: 57

Cultivar	Medias	n
Milongon	1,14	20 A
Heinz	1,24	20 A B
Repique	1,33	20 B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<=0,05)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
mg L/100g	60	0,19	0,16	9,87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	4,69	2	2,34	6,56	0,0027
Cultivar	4,69	2	2,34	6,56	0,0027
Error	20,36	57	0,36		
Total	25,05	59			

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 0,45509

Error: 0,3573 gl: 57

<u>Cultivar</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>		
Milongon	5,71	20	A	
Heinz	6,05	20	A	B
<u>Repique</u>	<u>6,40</u>	<u>20</u>	<u>B</u>	

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

ANEXO No. 3.

Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 1 07/12/2013 04:54:20 p.m.

Database C:\Users\Cristina Cabrera\De ... ATES  
 MINERALES\minTOMATES.S0  
 Response Cu\_mg\_100\_G\_mf

Analysis of Variance Table

Source	Sum of	Mean	Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio
(Alpha=0.05)				
A: C5	2	2.602289E-03	1.301144E-03	12.44
		0.000148*	0.991958	
S(A)	27	2.823685E-03	1.045809E-04	
Total (Adjusted)	29	5.425974E-03		
Total	30			

\* Term significant at alpha = 0.05

Means and Effects Section

Term	Count	Mean	Standard Error	Effect
All	30	4.657667E-02	4.657667E-02	
A: C5				
Hibrido	10	0.04277	3.233897E-03	-
3.806667E-03				
Milongon	10	0.03756	3.233897E-03	-

9.016667E-03

Repique	10	0.0594	3.233897E-03
		1.282333E-02	

### Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: Cu\_mg\_100\_G\_mf

Term A: C5

Alpha=0.050    Error Term=S(A)    DF=27    MSE=1.045809E-04    Critical Value=3.5064

Group	Count	Mean	Different From Groups
Milongon	10	0.03756	Repique
Hibrido	10	0.04277	Repique
Repique	10	0.0594	Milongon, Hibrido

### Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 2 07/12/2013 04:54:21 p.m.

Database C:\Users\Cristina Cabrera\De ... ATES  
MINERALES\minTOMATES.S0  
Response Cu\_mg\_100\_G\_mf

Planned Comparison: A1

Response: Cu\_mg\_100\_G\_mf

Term A: C5

Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=27 MSE=1.045809E-04

Comparison Value=0.01142 T-Value=1.4417 Prob>|T|=0.160896

Decision(0.05)=Do Not Reject

Comparison Std Error = 7.921399E-03 Comparison Confidence Interval = -  
4.833367E-03 to 2.767337E-02

Group	Comparison		
	Coefficient	Count	Mean
Hibrido	-2	10	0.04277
Milongon	1	10	0.03756
Repique	1	10	0.0594

Planned Comparison: A2

Response: Cu\_mg\_100\_G\_mf

Term A: C5

Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=27 MSE=1.045809E-04

Comparison Value=0.02184 T-Value=4.7754 Prob>|T|=0.000056

Decision(0.05)=Reject

Comparison Std Error = 4.573422E-03 Comparison Confidence Interval =  
1.245611E-02 to 3.122389E-02

Group	Comparison		
	Coefficient	Count	Mean
Hibrido	0	10	0.04277
Milongon	-1	10	0.03756
Repique	1	10	0.0594

Notes:

This section presents the results of a standard set of planned comparisons. The first comparison compares the first group with those below it (alphabetically). The second comparison compares the second group with those below it (alphabetically) ignoring the first. This continues to the next to the last group.

Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 1 07/12/2013 04:54:21 p.m.

Database C:\Users\Cristina Cabrera\De ... ATES  
 MINERALES\minTOMATES.S0  
 Response Se\_mg\_100gmf

Analysis of Variance Table

Source	Sum of	Mean	Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio
(Alpha=0.05)				
A: C5	2	7.661809E-03	3.830904E-03	3.23
		0.055145	0.567094	
S(A)	27	3.200029E-02	1.185196E-03	
Total (Adjusted)	29	0.0396621		
Total	30			

\* Term significant at alpha = 0.05

Means and Effects Section

Term	Count	Mean	Standard Error	Effect
All	30	9.008333E-02	9.008333E-02	
A: C5				
Hibrido	10	0.10214	1.088667E-02	
		1.205667E-02		
Milongon	10	0.0675	1.088667E-02	-
		2.258333E-02		
Repique	10	0.10061	1.088667E-02	
		1.052667E-02		



### Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: Se\_mg\_100gmf

Term A: C5

Alpha=0.050    Error Term=S(A)    DF=27    MSE=1.185196E-03    Critical Value=3.5064

Group	Count	Mean	Different From Groups
Milongon	10	0.0675	
Repique	10	0.10061	
Hibrido	10	0.10214	

#### Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 2 07/12/2013 04:54:21 p.m.

Database C:\Users\Cristina Cabrera\De ... ATES  
MINERALES\minTOMATES.S0  
Response Se\_mg\_100gmf

Planned Comparison: A1

Response: Se\_mg\_100gmf

Term A: C5

Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=27 MSE=1.185196E-03

Comparison Value=-0.03617 T-Value=1.3564 Prob>|T|=0.186217

Decision(0.05)=Do Not Reject

Comparison Std Error = 2.666679E-02 Comparison Confidence Interval = -  
9.088573E-02 to 1.854573E-02

Group	Comparison		
	Coefficient	Count	Mean
Hibrido	-2	10	0.10214
Milongon	1	10	0.0675
Repique	1	10	0.10061

Planned Comparison: A2

Response: Se\_mg\_100gmf

Term A: C5

Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=27 MSE=1.185196E-03

Comparison Value=0.03311 T-Value=2.1505 Prob>|T|=0.040625

Decision(0.05)=Reject

Comparison Std Error = 1.539608E-02 Comparison Confidence Interval =  
1.519858E-03 to 6.470014E-02

Group	Comparison		
	Coefficient	Count	Mean
Hibrido	0	10	0.10214
Milongon	-1	10	0.0675
Repique	1	10	0.10061

Notes:

This section presents the results of a standard set of planned comparisons. The first comparison compares the first group with those below it (alphabetically). The second comparison compares the second group with those below it (alphabetically) ignoring the first. This continues to the next to the last group.

Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 1 07/12/2013 04:54:21 p.m.

Database C:\Users\Cristina Cabrera\De ... ATES  
 MINERALES\minTOMATES.S0  
 Response Zn\_mg\_100\_g\_MF

Analysis of Variance Table

Source	Sum of	Mean	Prob	Power
Term	DF	Squares	Square	F-Ratio
(Alpha=0.05)				
A: C5	2	2.677358E-03	1.338679E-03	4.43
		0.021717*	0.712508	
S(A)	27	8.162585E-03	3.02318E-04	
Total (Adjusted)	29	1.083994E-02		
Total	30			

\* Term significant at alpha = 0.05

Means and Effects Section

Term	Count	Mean	Standard Error	Effect
All	30	0.11303		0.11303
A: C5				
Hibrido	10	0.11678	5.498345E-03	
		0.00375		
Milongon	10	0.10005	5.498345E-03	-
		0.01298		
Repique	10	0.12226	5.498345E-03	
		0.00923		

### Tukey-Kramer Multiple-Comparison Test

Response: Zn\_mg\_100\_g\_MF

Term A: C5

Alpha=0.050    Error Term=S(A)    DF=27    MSE=3.02318E-04    Critical Value=3.5064

Group	Count	Mean	Different From Groups
Milongon	10	0.10005	Repique
Hibrido	10	0.11678	
Repique	10	0.12226	Milongon

#### Notes:

This report provides multiple comparison tests for all pairwise differences between the means.

Analysis of Variance Report

Page/Date/Time 2 07/12/2013 04:54:21 p.m.

Database C:\Users\Cristina Cabrera\De ... ATES  
MINERALES\minTOMATES.S0  
Response Zn\_mg\_100\_g\_MF

Planned Comparison: A1

Response: Zn\_mg\_100\_g\_MF

Term A: C5

Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=27 MSE=3.02318E-04

Comparison Value=-0.01125 T-Value=0.8353 Prob>|T|=0.410877

Decision(0.05)=Do Not Reject

Comparison Std Error = 1.346814E-02 Comparison Confidence Interval = -  
3.888434E-02 to 1.638434E-02

Group	Comparison		
	Coefficient	Count	Mean
Hibrido	-2	10	0.11678
Milongon	1	10	0.10005
Repique	1	10	0.12226

Planned Comparison: A2

Response: Zn\_mg\_100\_g\_MF

Term A: C5

Alpha=0.050 Error Term=S(A) DF=27 MSE=3.02318E-04

Comparison Value=0.02221 T-Value=2.8563 Prob>|T|=0.008147

Decision(0.05)=Reject

Comparison Std Error = 7.775834E-03 Comparison Confidence Interval =  
6.255307E-03 to 3.816469E-02

Group	Comparison		
	Coefficient	Count	Mean
Hibrido	0	10	0.11678
Milongon	-1	10	0.10005
Repique	1	10	0.12226

Notes:

This section presents the results of a standard set of planned comparisons. The first comparison compares the first group with those below it (alphabetically). The second comparison compares the second group with those below it (alphabetically) ignoring the first. This continues to the next to the last group.